

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra výrobních strojů a konstruování**

**Jeřáb pro autodílnu**  
**Crane for Garage**

**Student:**  
**Vedoucí bakalářské práce:**

**David Klimša**  
**Ing. Tomáš Hapla**

**Ostrava 2017**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání bakalářské práce

Student: **David Klimša**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**  
Specializace: **21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení**  
Téma: **Jeřáb pro autodílnu**  
**Crane for Garage**  
Jazyk vypracování: **čeština**

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte konstrukci mostového jeřábu pro autodílnu. Vyhrazený prostor pro samotnou konstrukci je 9 x 14 metrů. Maximální možná výška konstrukce je 3,5 metru. Požadována nosnost jeřábu je stanovena na 750 kg. Hala nebyla navržena pro konstrukci, konstrukce nemůže zasahovat do samotné stavby.

#### Zpracujte:

1. Průzkum a rozbor konstrukčních řešení.
2. Vypracujte konstrukční návrh konstrukce.
3. Navrhněte pojezdy mostu.
4. Proveďte kontrolní výpočet konstrukce.
5. Vytvořte výkresovou dokumentaci

### Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

PAVLISKA, Jiří a Leopold HRABOVSKÝ. *Dopravní a manipulační zařízení IV*. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2004, 128 s. ISBN 80-248-0537-5

REMTA, František. *Jeřáby. I. díl. 2., přeprac. a dopl. vyd.* Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1974, 645 s.

REMTA, František. *Jeřáby. II. díl. 2., přeprac. a dopl. vyd.* Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1975, 562 s.

LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2003, 888 s. ISBN 80-86490-74-2

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Hapla**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



## **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne: *14. května 2017*

  
.....  
podpis studenta

### Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Dobré 20. 4. 2017



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

David Klimša

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Dobrá 416  
73 951  
Česká republika

## **Anotace bakalářské práce**

KLIMŠA, D. Jeřáb pro autodílnu: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, 58 s. Vedoucí práce: Ing. Hapla, Tomáš.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem mostového jeřábu pro autodílnu o rozměrech 9 x 14 metrů o výšce 3,5 metru. Minimální nosnost jeřábu je stanovena na 750 kilogramů. Konstrukce mostového jeřábu byla zvolena typu: shora montovaný jeřáb dle EN 1190.

Jeřáb a jeřábová dráha byli konstrukčně navrženi s ohledem na nízký strop haly.

Jeřáb se skládá z těchto hlavních částí: jeřábového mostu, pojezdu jeřábu, kladkostroje, trolejí, kabelové vlečky, jeřábové dráhy a nosné konstrukce jeřábové dráhy.

Konstrukce pojezdu jeřábu se skládá z pojezdových kol a hnacího soustrojí. Jako pohonné ústrojí byly použity elektromotory s převodovkou - gearmotor.

Výpočetní část se týká kontroly lícovaných šroubů spojujících jeřábový most s konstrukcemi pojezdů jeřábu.

## **Annotation of bachelor thesis**

KLIMŠA, D. Crane for Garage: Bachelor Thesis. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Producton Machines and Design, 2017, 58 pg. Thesis head: Ing. Hapla, Tomáš.

The bachelor thesis describes construction design of a bridge crane for a garage. Sizes of hall are 9 metres width, 14 metres length and 3,5 metres height. Minimum load of designed crane is 750 kilograms. Type of designed construction is overhead travelling bridge crane by norm EN 1190.

The construction of the crane and crane runway beam has been designed with respect to the low ceiling of the hall.

The crane consists of the following main parts: crane bridge, crane travel, hoists, trolleys, cable trains, crane tracks and guidance means.

The crane travel part consists of running wheels and drivetrain. Electric motors with a gearboxes were used as propulsion devices called also as gearmotors.

The computational part relates to the inspection of the fitting bolts connecting the crane bridge with the crane travel parts and the calculation of the static safety of the designed bolts.

## Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	- 8 -
Úvod.....	- 11 -
1 Zdvihací zařízení.....	- 12 -
1.1 Vývoj zdvihacích zařízení.....	- 12 -
1.2 Rozdělení zdvihacích zařízení.....	- 13 -
2 Jeřáby.....	- 14 -
2.1 Základní pojmy.....	- 14 -
2.2 Rozdělení jeřábů.....	- 16 -
2.2.1 Lanové jeřáby.....	- 17 -
2.2.2 Výložníkové jeřáby.....	- 18 -
2.2.3 Konzolové jeřáby.....	- 19 -
2.2.4 Sloupové jeřáby.....	- 20 -
2.2.5 Věžové jeřáby.....	- 21 -
2.2.6 Poloportálové jeřáby.....	- 22 -
2.2.7 Portálové jeřáby.....	- 23 -
2.2.8 Mostové jeřáby.....	- 24 -
3 Návrh konstrukce.....	- 25 -
3.1 Vstupní parametry.....	- 27 -
3.2 Návrh nosné konstrukce jeřábu.....	- 27 -
3.3 Volba jeřábového kladkostroje.....	- 28 -
3.4 Volba elektrického vedení.....	- 28 -
3.5 Frekvenční měnič.....	- 30 -
3.6 Jeřábová dráha.....	- 31 -
3.7 Nosné sloupy.....	- 32 -
3.8 Volba nárazníků.....	- 33 -
Výpočet nárazové práce.....	- 33 -
3.9 Volba pojezdových kol.....	- 34 -
Výpočet minimální únosnosti pojezdového kola.....	- 34 -
4 Návrh pohonu jeřábu.....	- 35 -
Výpočet hnací síly.....	- 35 -
Výpočet točivého momentu na konci hřídele Gearmotoru.....	- 36 -

5	Statické kontrolní výpočty šroubů.....	- 38 -
5.1	Kontrola lícovaného šroubu na tah a krut .....	- 38 -
	Výpočet tuhosti šroubu.....	- 41 -
	Výpočet tuhosti přírub.....	- 42 -
5.1.1	Kontrola předepjatého spoje.....	- 43 -
	Výpočet tahového napětí v jádře šroubu .....	- 45 -
	Výpočet napětí v krutu od utahovacího momentu.....	- 47 -
	Výpočet statické bezpečnosti .....	- 47 -
	Výpočet utahovacího momentu.....	- 48 -
5.2	Kontrola lícovaného šroubu na střih a otláčení hladké části .....	- 49 -
	Kontrola dřívku šroubu na střih.....	- 50 -
	Kontrola otvorů přírub na otláčení .....	- 51 -
	Závěr .....	- 52 -
	Použitá literatura .....	- 53 -
	Seznam ilustrací .....	- 55 -
	Seznam příloh.....	- 57 -



## Seznam použitých značek a symbolů

Symbol	Význam symbolu	Jednotka
$\Delta l_{př}$	Pružná deformace přírub	[mm]
$\Delta l_s$	Pružná deformace šroubu	[mm]
$C_W$	Tvarový součinitel konstrukce jeřábu	[-]
$D_1$	Malý průměr závitu šroubu	[mm]
$D_D$	Průměr lícovaného dřívku šroubu	[mm]
$D_{red}$	Redukovaný průměr trubky (Rötscherův válec)	[mm]
$D_z$	Průměr zápichu dřívku šroubu	[mm]
$E_o$	Modul pružnosti v tahu pro ocel	[MPa]
$F_0$	Předpětí ve šroubovém spoji	[N]
$F_1$	Síla v pojezdovém laně	[N]
$F_A$	Reakce v místě A	[N]
$F_B$	Reakce v místě B	[N]
$F_{M1}$	Síla od momentu provozní síly	[N]
$F_{M2}$	Síla od momentu provozní síly	[N]
$F_p$	Provozní síla	[N]
$F_{př}$	Síla v přírubách	[N]
$F_{přMIN}$	Minimální síla v přírubách	[N]
$F_s$	Síla ve šroubu	[N]
$F_{větru}$	Síla větru	[N]
$L_{D1}$	Délka styčné plochy příruby s dřívkem šroubu	[mm]
$L_{D2}$	Délka styčné plochy příruby s dřívkem šroubu	[mm]
$M_u$	Utahovací moment	[N · m]
$N_{min}$	Minimální únosnost pojezdového kola	[kg]
$Q_{h,nom}$	Jmenovitá nosnost kladkostroje	[kg]
$Q_{hnom*}$	Tíha břemene	[N]
$Q_C$	Hmotnost konstrukce jeřábu	[kg]
$Q_{HEB200}$	Tíha profilu mostu	[N]
$R_e$	Mez kluzu	[MPa]

Seznam použitých značek a symbolů

$R_k$	Poloměr pojezdového kola jeřábu	[mm]
$S_C$	Plocha jeřábu vystavena působení větru	[m <sup>2</sup> ]
$S_b$	Průmět plochy břemene do roviny působení větru	[m <sup>2</sup> ]
$S_j$	Průmět plochy konstrukce jeřábu do roviny větru	[m <sup>2</sup> ]
$S_k$	Rozměr utahovacího klíče	[mm]
$S_{red}$	Deformovaný průřez přírub	[mm <sup>2</sup> ]
$T_p$	Výstupní točivý moment	[N · m]
$W_n$	Nárazová práce nárazníků	[J]
$c_{př}$	Tuhost přírub	[N · mm <sup>-1</sup> ]
$c_s$	Tuhost šroubu	[N · mm <sup>-1</sup> ]
$d_2$	Střední průměr závitu šroubu	[mm]
$d_3$	Průměr jádra šroubu	[mm]
$e_v$	Součinitel valivého tření	[-]
$f_{\check{c}}$	Součinitel čepového tření pro valivá ložiska	[-]
$f_z$	Součinitel tření na závitech	[-]
$k_s$	Statická bezpečnost	[-]
$k_t$	Součinitel těsnosti spoje	[-]
$m_{HEB200}$	Měrná hmotnost profilu mostu	[kg · m <sup>-1</sup> ]
$m_b$	Hmotnost břemene	[kg]
$n_{hn}$	Počet hnacích pojezdových kol	[-]
$n_k$	Počet pojezdových kol jeřábu	[-]
$n_{ko}$	Otáčky pojezdového kola	[ot · min <sup>-1</sup> ]
$n_n$	Počet nárazníků při kontaktu s dorazy jeřábové dráhy	[-]
$n_z$	Počet nosných závitů matice	[-]
$p_D$	Dovolený tlak pro otláčení oceli	[MPa]
$p_o$	Tlak ve styčných plochách přírub s dříkem šroubu	[MPa]
$q_1$	Tlak větru	[Pa]
$v_p$	Pojezdová rychlost jeřábu	[m · s <sup>-1</sup> ]
$\alpha_L$	Úhel svěšení lana	[°]
$\alpha_z$	Vrcholový úhel závitu	[°]

## Seznam použitých značek a symbolů

---

$\sigma_t$	Napětí v tahu	[MPa]
$\tau_k$	Napětí v krutu	[MPa]
$\tau_s$	Napětí ve stříhu	[MPa]
$\tau_{sD}$	Dovolené napětí ve stříhu	[MPa]
$\Delta F_{př}$	Úbytek síly v přírubách	[N]
$\Delta F_s$	Přírůstek síly ve šroubu	[N]
$B$	Tloušťka příruby	[mm]
$C$	Výška profilu mostu	[mm]
$D$	Vzdálenosti otvorů pro šrouby	[mm]
$F$	Zátěž břemene	[N]
$K$	Hnací síla	[N]
$L$	Délka profilu mostu	[m]
$P$	Rozteč závitu šroubu	[mm]
$d$	Velký průměr závitu šroubu	[mm]
$e$	Vodorovný dojezd háku	[mm]
$f$	Součinitel smykového tření ocel na ocel	[-]
$g$	Gravitační zrychlení	[m · s <sup>-2</sup> ]
$k$	Výška hlavy šroubu	[mm]
$m$	Výška matice	[mm]
$p$	Tlak na závitech matice	[MPa]
$r$	Poloměr hřídele pojezdového kola	[mm]
$\alpha$	Úhel komolého dvojkužele	[°]
$\varphi'$	Třecí úhel na závitech	[°]
$\psi$	Úhel stoupání šroubovice	[°]
$\kappa$	Součinitel tření nákolků o kolejnice	[-]

## Úvod

Zdvihací zařízení, především jeřáby, jsou nedílnou součástí dnešní dopravy a výroby. Setkáváme se s nimi všude tam, kde je potřeba přemísťovat břemena, zejména velkých hmotností na krátké vzdálenosti. Ať už se to týká nákladu a transportu materiálu nebo samotné nutnosti použití jeřábů jako technologického členu výroby v hutním a jiném průmyslu pro přemísťování polotovarů ve výrobním závodu.

V technické praxi se setkáváme s různými konstrukčními typy jeřábů, které se vyznačují svými přednostmi pro daná využití. Stručné seznámení se zdvihadly, jeřáby a jejich využitím se zabývá první část této bakalářské práce, kde čtenář nalezne i schématické nákresy nejběžněji používaných jeřábů.

Hlavní část se týká výběru a návrhu konstrukčního řešení jeřábu pro halu, která je specifikována svými rozměry a použitím. Navrhovaný jeřáb je pro opravárenskou dílnu, kde se opravují zejména osobní automobily. Z důvodu hojně zastavěné plochy haly různými pracovišti a zvedáky je současné přemísťování motorů s převodovkami pomocí skládacích dílenských jeřábů nevyhovující.

V bakalářské práci se budu snažit maximalizovat operativní plochu jeřábu a výšku zdvihu háku návrhem vhodné konstrukce jeřábu a následné kontroly vybraných konstrukčních prvků.

Cílem mé práce je vytvořit 3D model jeřábu nejvhodnější konstrukce, tvorba technické dokumentace vybraných konstrukčních prvků a textové části pro případnou realizaci návrhu.

# 1 Zdvihací zařízení

V mnoha pracovních technických či netechnických oborech se přemísťuje v menším nebo větším rozsahu například materiál, především při jeho získávání (těžbě), úpravě a vlastním zpracování ve výrobě. Taktéž je potřeba manipulovat s polotovary na jednotlivých pracovištích a posléze hotové výrobky přesouvat a uskladnit na určená místa k další expedici. Přemísťované hmoty mívají rozmanitý charakter, zejména rozdílnou hmotnost a mnohdy specifickou dopravní vzdálenost. Hlavními požadavky na zdvihací zařízení tedy jsou: velký pracovní výkon, jednoduchá obsluha, bezpečný a spolehlivý provoz, přizpůsobivost zařízení z hlediska komplexní mechanizace celého transportního systému, normalizace a typizace zařízení, zrychlení a zhospodárnění jejich výroby.

## 1.1 Vývoj zdvihacích zařízení

Na počátku lidského vývoje se břemena přesouvala pouze působením přímé lidské síly. Postupem času vznikaly pomocné přípravky a zařízení, především pro dopravu velkých a těžkých břemen. Tyto přípravky nejenže usnadňovaly posuny takovýchto nákladů, ale mnohdy právě díky nim bylo možno těžké náklady přemísťovat do různých vzdáleností. Později bylo využíváno taktéž tažných zvířat. Přibližně před dvěma tisíci lety se začala využívat i energie vody nebo větru. Největší vývoj zdvihacích zařízení můžeme pozorovat u jeřábů a zařízení zvedající břemena ve svislém směru. Nejsilnějším impulzem k vývoji specifických strojů byla ekonomika a nárůst zaobchodovaného zboží ve 14. století, kdy došlo k rozvoji loďařství a zaoceánského obchodu. V této době byly kladeny obrovské nároky na stavbu větších zaoceánských lodí, a právě zde bylo využito mnoho velkých jeřábů s velkou nosností.

První jeřáby byly jednoduchá zařízení fungující na principu rumpály s tzv. šlapacím kolem, které poháněli lidé. Rumpálu si můžeme představit jako ruční naviják, kde se konopné lano navíjelo na dřevěný trám, který byl uložen otočně v rámu a zakončen pákou nebo kolem. Tohoto mechanismu se taktéž využívalo pro vytahování vědra ze studny. První využití vodní energie pro zvedání břemen spatřujeme v hornictví, kde nebyly vysoké nároky na nosnost zdvihacího zařízení, jelikož vytěžený materiál šlo snadno rozdělit na menší množství a následně vytáhnout z dolu. Zde se využívalo rumpály s vodním kolem.

Kolem roku 1820 se datuje první zmínka o parním jeřábu. Teprve ten dokázal splnit hlavní požadavek, který je kladen na zdvihací zařízení, tj. vyšší nosnost za účelem vyššího výkonu. Parní pohon umožnil zvyšovat nosnost a zároveň rychlost zvedání břemene.

První jeřáb na elektrický pohon, který přinesl další výhody, pocházel z roku 1887. Největší výhody přinášel po ekonomické a provozní stránce. Taktéž jeho samotná konstrukce byla jednodušší. Díky elektrickému pohonu byla vyvíjena nová zdvihací zařízení i pro speciální účely. Dnes už je možno zkonstruovat jeřáby o nosnosti 600 tun a více a vývoj jeřábové techniky jde stále kupředu. Vyvíjí se nové speciální jeřáby pro různá využití a pro specifické pracovní podmínky.

## 1.2 Rozdělení zdvihacích zařízení

Dle způsobu práce a dopravní vzdálenosti se zdvihací zařízení dělí nejčastěji do tří kategorií:

**a) Zdvihadla** slouží k přemísťování břemen pouze ve vertikálním směru. Ve speciálních případech lze přesouvat břemena i ve směru vodorovném, kde jako další nacházíme otáčivý pohyb zdvihadla kolem své osy.

**b) Výtahy** řadíme do zdvihacích, ale i do dopravních zařízení. Pracují ve svislém nebo šikmém směru. Slouží k přepravě nákladu či osob, popřípadě osob a nákladu. Rozdělujeme základní typy výtahů:

- **nákladní výtah**: slouží k přepravě nákladu, má zdatelně vyšší nosnosti a rozměry,

- **osobní výtah**: slouží k přepravě osob a osobních nákladů nebo zavazadel, nejčastěji jsou menších rozměrů pro 5 osob a nosností do 800 kg,

- **automobilový výtah**: jedná se o obdobu nákladního výtahu určeného k přepravování automobilů, nejčastěji je součástí automatizovaných garáží, kde je automobil ustaven dopravníkem na předem dané parkovací místo,

- **lodní výtah**: slouží ke zdolávání výškových rozdílů vodních úseků u lodí, používá se především pro překonávání velkých spádů, kde by klasická plavební komora byla technicky a stavebně špatně realizovatelná, jedná se především o spády větší než 20 metrů,

- **důlní výtah**: slouží pro dopravu nákladu a osob v dolech, dopravovaná výška dosahuje až 100 a více metrů. Důlní výtah se vyznačuje především vysokými rychlostmi a velkým množstvím dopraveného materiálu v čase. Jedná se také o konstrukčně nejnáročnější kategorii výtahů.

**c) Jeřáby** slouží k přemísťování břemen svislým a vodorovným směrem ve vymezeném prostoru.

## 2 Jeřáby

Jeřáb je zařízení patřící do kategorie zdvihacích zařízení. Jsou nejčastěji vybaveny kladkostroji, tažnými lany nebo řetězy, které umožňují zdvihání a spouštění břemene ve svislé poloze. Používá se především k přemísťování a překládání velkých a těžkých objektů. Jeřáby jsou běžně používány v odvětvích dopravy pro nakládání a vykládání zboží, ve stavebnictví pro pohyb materiálu a ve zpracovatelském průmyslu pro montáže těžké techniky. Jeřáby existují v mnoha provedeních, ať už v typických konstrukčních řešeních nebo ve speciálních variantách pro určitý pracovní účel. Velikostně se pohybují od těch nejmenších konzolových jeřábů v dílnách až po obrovské věžové jeřáby určené pro výstavbu budov. Zde se taktéž používají tzv. mini jeřáby pro svou schopnost pracovat na malých místech a ve vysokých výškách. Mnoho zařízení nespadá do kategorie jeřáby, ale můžeme se s těmito obdobími také setkat, například jako s manipulačními a nakládacími zařízeními.

### 2.1 Základní pojmy

**Kočka** - pojízdné zdvihadlo, které zdvihá břemeno svislým pohybem pod úrovní jeho jízdní dráhy.



Obrázek 2.1: Jeřábová kočka s navijákem [24]

**Jmenovitá nosnost jeřábu** - je určena hmotností dovoleného břemene v kilogramech nebo tunách, kterou může být jeřáb zatížen při provozu. Neodnímatelné prostředky k uchopení břemen se do užitého břemene nezapočítávají. Výjimkou jsou jeřáby, které jsou vybaveny neodnímatelnými drapáky, hmotnost drapáků je součástí užitého břemene. Nosnost musí být vždy viditelně uvedena.

**Rozpětí jeřábu** - vodorovná vzdálenost středních rovin pojezdových kol.

**Rozchod** - vodorovná vzdálenost středních rovin jeřábových kolejnic u vozidlových jeřábů pojíždějících po vlastní dráze.

**Rozvor jeřábu** - osová vzdálenost pojíždějících kol ve směru jeřábové dráhy.

**Vyložení jeřábu** - vodorovná vzdálenost svislé osy závěsu břemena od osy otáčení u jeřábů s otočným výložníkem nebo od hrany klopení u jeřábů s neotočným výložníkem.

**Dojezdová míra jeřábu** - vzdálenost háku od čela vlastního nárazníku na mostě, portálu apod. U otočných pojízdných jeřábů se dojezdová míra měří od osy otáčení.

**Výška zdvihu** - svislá vzdálenost mezi nejvyšší a nejnižší pracovní polohou háku. Do pracovní polohy se nepočítají krajní polohy omezené koncovými vypínači.

**Rychlost zdvihací a pojíždějí** - udává se v m/min při stálém běhu.

**Otáčecí rychlost** - udává se počtem otáček v otáčkách za minutu při rovnoměrném pohybu.

**Sklápěcí rychlost** - udává se počtem minut nebo sekund potřebných ke vztyčení nebo sklopení výložníku z jedné krajní polohy do druhé.



## 2.2 Rozdělení jeřábů

Jeřábů je mnoho druhů, jejich označení nejčastěji vyplývá z konstrukce a celkového tvaru nebo z jejich charakteristických konstrukčních úprav. Dalšími hledisky pro rozdělení jeřábů může být druh pohonu, druh vykonávané práce nebo dokonce jejich místa použití, popřípadě omezení. Základní hlediska pro dělení jeřábů jsou:

### *a) Konstrukční provedení*

Mnohdy označováno také jako tvar jeřábu. Jeřáb je dán svou specifickou konstrukcí. Podle tvaru celkové konstrukce rozeznáváme tyto druhy jeřábů: lanové, výložníkové, konzolové, sloupové a věžové, portálové, poloportálové, mostové a plovoucí.

### *b) Druh pohonu*

Druh pohonu značně ovlivňuje samotnou konstrukci jeřábu, složitost a jeho pracovní nasazení. Jako pohon může být spalovací, nejčastěji však elektrický motor. Taktéž se můžeme setkat s pneumatickými, hydraulickými a ručními pohony. Dříve byly používány parní pohony, ale pro své nevýhody byly nahrazeny mnohem efektivnějšími elektrickými motory, např.: železniční jeřáb je spojen s generátorovým vozem nebo již samotný jeřábový vůz má dieselagregát.

### *c) Druh pohybu*

Podle druhu pohybu jeřábu nebo podle pohybu jednotlivých částí rozlišujeme:

- 1. Jeřáby pojízdné** - svá pracoviště mohou měnit. Typickým případem je malý dílenský jeřáb.
- 2. Jeřáby nepojízdné** - svá pracoviště mají stálá. Břemena přemísťuje jeřábová kočka nebo otáčivý výložník. Typickým příkladem je věžový jeřáb, který je vystavěn na konkrétním staveništi.
- 3. Jeřáby otočné** - ty mohou být pojízdné i nepojízdné. Typickým příkladem je sloupový otočný jeřáb.
- 4. Jeřáby se sdruženými pohyby** - přemísťují břemena s kombinací dvou a více pracovních pohybů. Příkladem jsou mostové a portálové jeřáby.

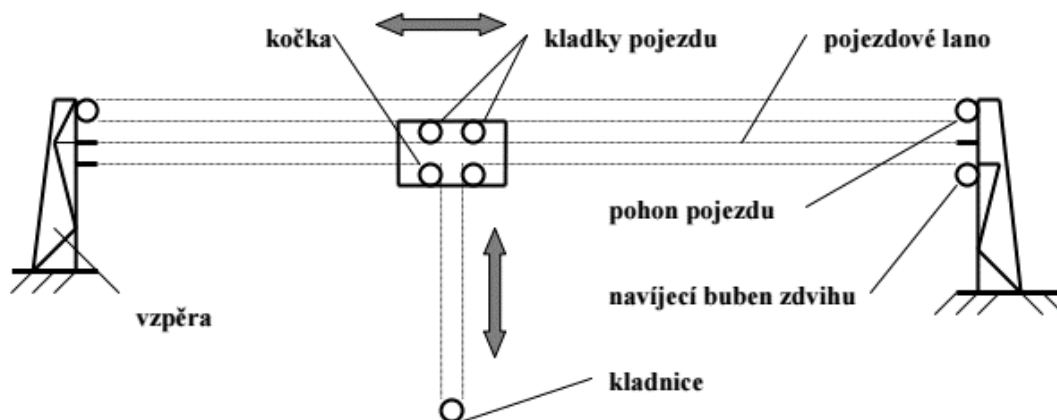
### *d) Místo použití a druh práce*

Podle tohoto hlediska určujeme především provoz a místo provozu jeřábu. Nejčastěji jsou jeřáby navrhovány pro určitá místa a specifický pracovní výkon a úkon. Základní označení jeřábů dle použití je např. jeřáb dílenský, hutní, montážní, nádvorní, skládkový, železniční, přístavní, stavební atd. Dále můžeme jeřáby ještě blíže specifikovat dle technologických vlastností jako jeřáb kovací, licí, stahovací, sázecí atp. Ukázka označení: nádvorní elektrický mostový jeřáb.

### 2.2.1 Lanové jeřáby

V některé literatuře se můžeme setkat se starším nepřesným označením - *kabelový jeřáb*. Konstrukce tohoto jeřábu je složena ze dvou hlavních částí: jeřábové kočky a nosných sloupů. Jeřábová kočka pojíždí na pojezdových lanech spojující dvě nosné věže. Lanové jeřáby jsou využívány zejména na velké dopravní vzdálenosti ve výškách a v kopcovitém terénu. Jsou nepostradatelné pro výstavbu přehrad a v jámových dolech. Lanové jeřáby můžeme sledovat dvojího druhu: pojízdné a nepojízdné. Nejčastějším případem jsou s pevnými sloupy - nepojízdné. Manipulační prostor jeřábu je teoreticky přímka. Pokud jsou pojezdová lana delší a břemeno těžší, poté je manipulační dráha oblouk, jelikož pojezdové lano se tíhou a délkou svěsí.

*Lanové jeřáby* patří k nejsložitějším typům jeřábové konstrukce. V lanech vznikají značné síly od břemena, ale obrovskou roli také hraje samotné svěšení pojezdového lana. Průhyb několika stupňů může mít za následek zvýšení síly v pojezdovém laně v řádu tisíců jednotek. Z tohoto důvodu se pojezdová lana nejčastěji používají dvě a díky tomu je nosnost jeřábu znatelně vyšší.



Obrázek 2.2: Schéma lanového jeřábu [23]

#### Výpočet síly v pojezdovém laně

$$F_1 = \frac{F}{2 \cdot \sin(\alpha)} \quad [\text{N}] \quad (2.1)$$

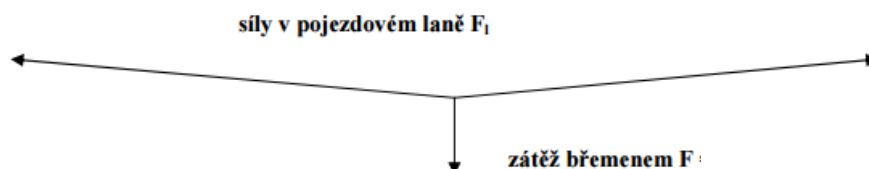
#### Výpočet zátěže břemene

$$F = m_b \cdot g \quad [\text{N}] \quad (2.2)$$

$m_b$  ... hmotnost břemene [kg]

$g$  ... gravitační zrychlení [ $m \cdot s^{-2}$ ]

$\alpha_L$  ... úhel svěšení lana [ $^\circ$ ]



Obrázek 2.3: Výpočet tahné síly v laně [23]

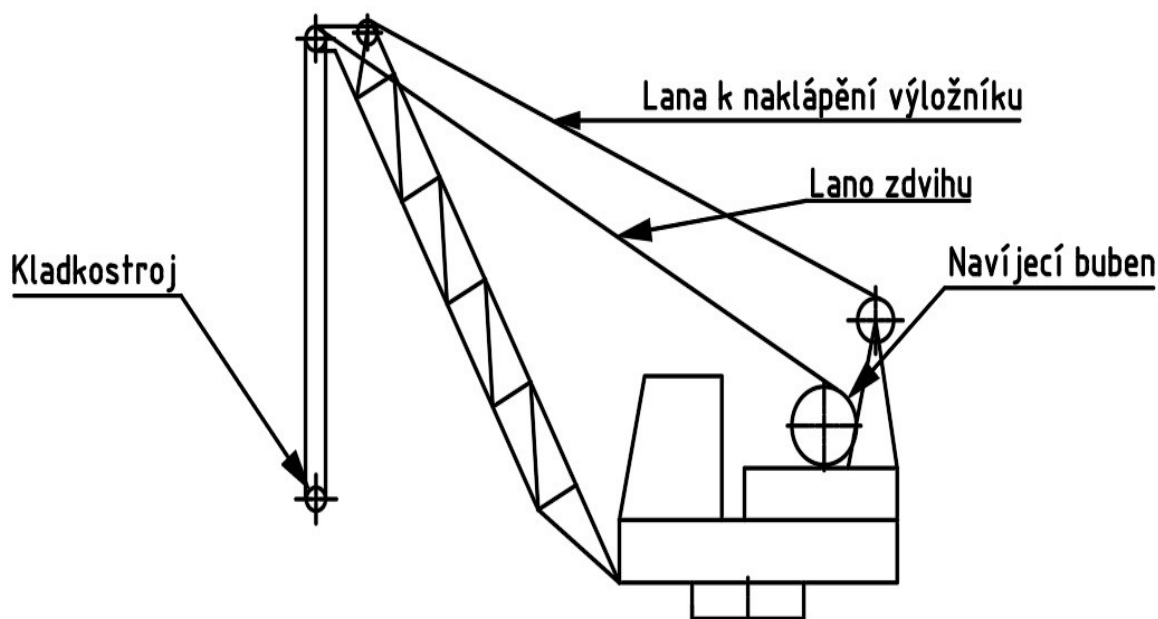
### 2.2.2 Výložníkové jeřáby

Výložníkový jeřáb je někdy řazen do skupiny železničních a silničních jeřábů. Jedná se o pohyblivý jeřáb na jistém typu podvozku. Z technologického hlediska jej využíváme především na pracovištích, kde je vyžadován jeho velký operativní prostor. Taktéž rozhoduje druh terénu a doprava jeřábu na jeho pracoviště. Díky jeho snadné transportovatelnosti je využíván i na rozsáhlých stavbách. Výhodou je také to, že má svůj vlastní pojezd a není tedy třeba budovat speciální jeřábovou dráhu. Jeho operativní plocha je ve většině případů mezikruží.

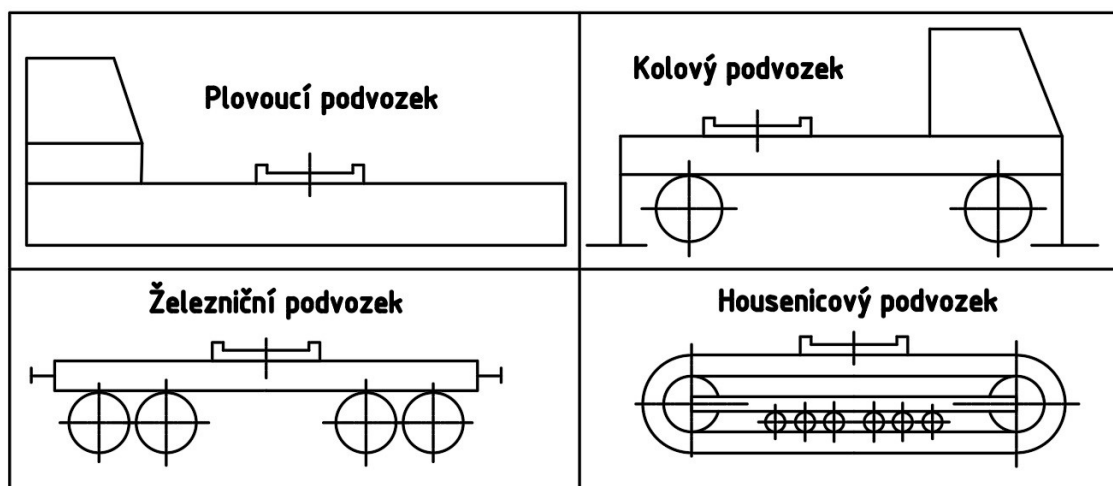
*Konstrukce* výložníkových jeřábů vychází z příhradové konstrukce. Z možnosti zvýšení operativní plochy rozlišujeme typ výložníku dle konstrukce:

- a) **pevný** - jeho délka a operativní plocha jsou neměnné,
- b) **nastavitelný** - jeho délka se mění v závislosti na přimontovaných dílech. Operativní plocha je závislá na počtech a rozměrech přimontovaných dílů,
- c) **teleskopický** - jeho délka a operativní plocha jsou proměnné v limitu konstrukce výložníku.

*Jako pohony* těchto jeřábů jsou používány elektromotory. U novějších konstrukcí se využívá lineárních a rotačních hydromotorů.



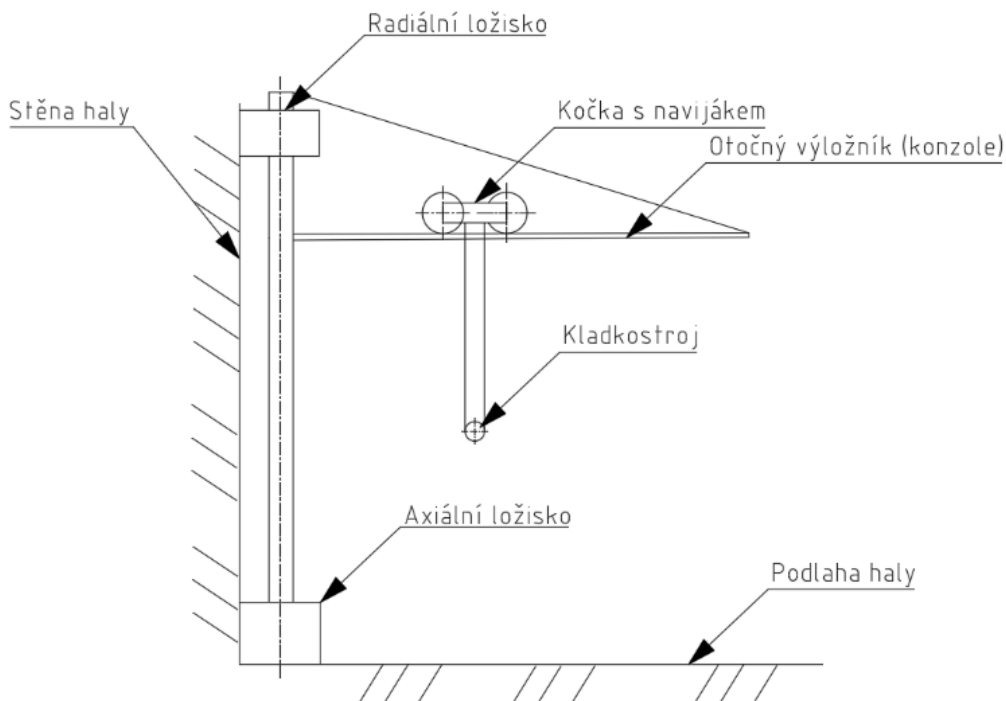
Obrázek 2.4: Schéma výložníkového jeřábu



Obrázek 2.5: Schéma typů podvozků výložníkových jeřábů

### 2.2.3 Konzolové jeřáby

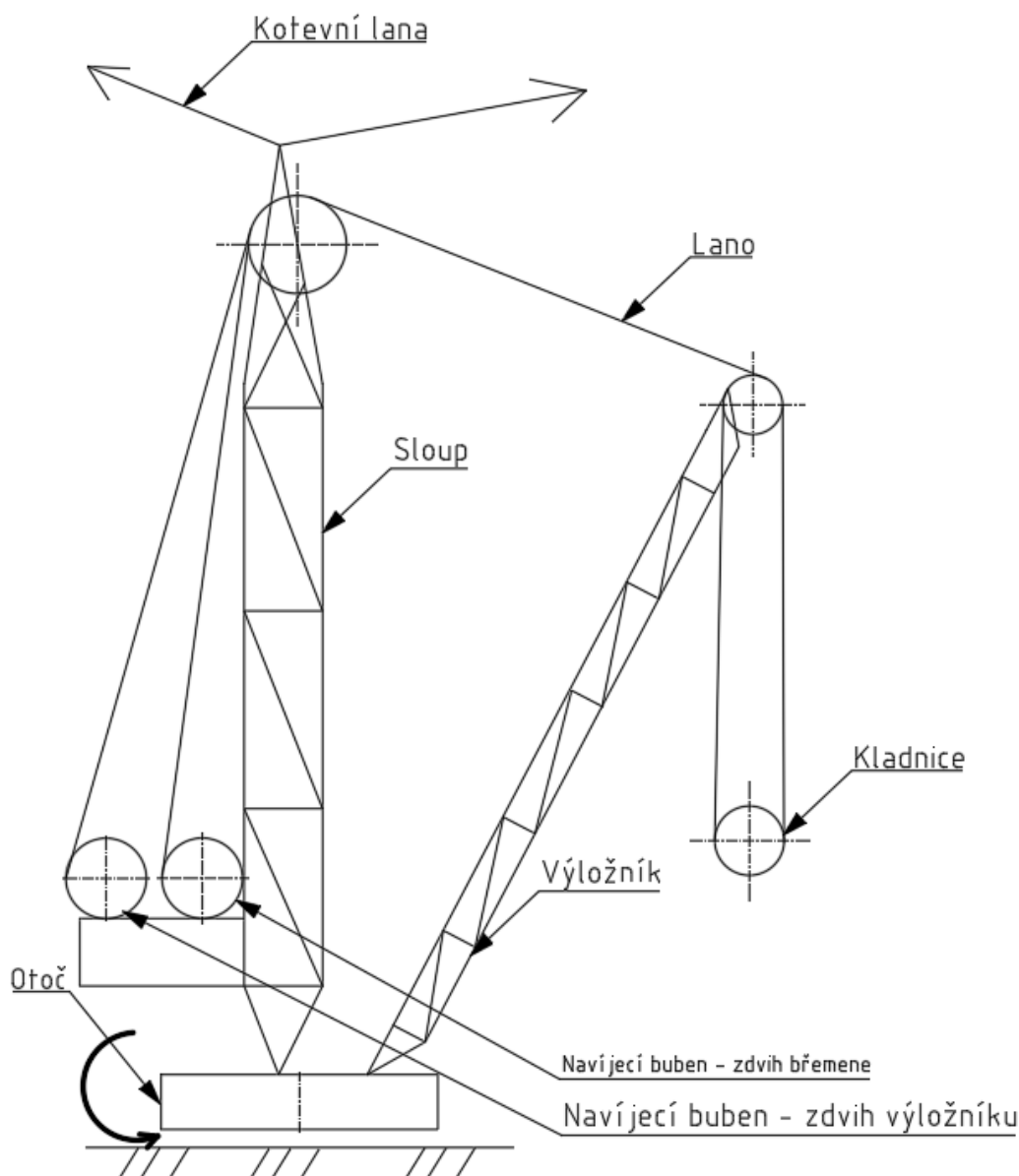
Jedná se o menší skupinu jeřábů, nejčastěji známé jako *dílenské jeřáby*. Technologicky jsou určeny pro zdvih a manipulaci s břemeny na menší vzdálenost. V dílenském provozu zejména na montáži, údržbu a demontáži zařízení nebo na jednoduché obráběcí a dokončovací práce. V sériovém provozu mohou sloužit k nakládce, výkladce a přesunu komponentů na dopravníky. Jejich pracovní plocha je nejčastěji kruhová výseč s úhlem otevření maximálně  $180^{\circ}$ . Ovládání může být ruční (ovládací řetězy) nebo elektrické. Konzolové jeřáby jsou většinou uchyceny v konstrukci haly u stěny. Mnohdy je kladen požadavek, z důvodu přesné montáže, aby jeřábovou kočku a otočný výložník bylo možno zastavit a zajistit v určité poloze, která je žádoucí k prováděným úkonům s břemenem.



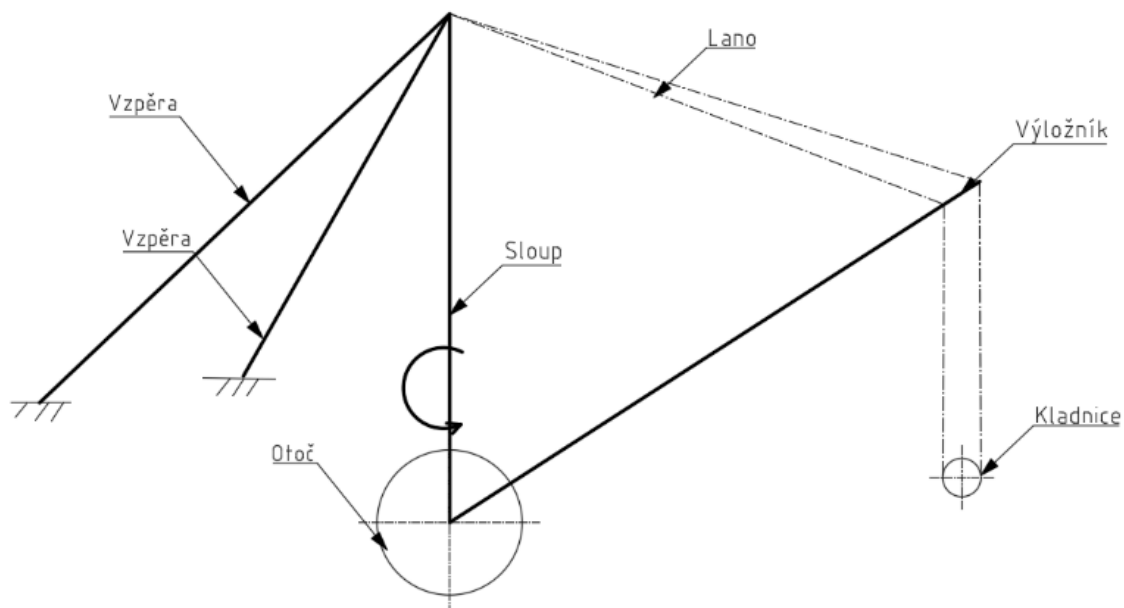
Obrázek 2.6: Schéma konzolového jeřábu

### 2.2.4 Sloupové jeřáby

Hlavní charakteristikou je konstrukčně vyřešený sloup. Ten může být například otočný - tento typ se používá velice zřídka (viz obrázek 2.7). U tohoto jeřábu je potřeba kotevních lan a samotná konstrukce je velice náročná. Manipulační plocha je mezikruží a kotvící lana musí být vedena nad samotným otočným sloupem. Druhým typem je částečně otočný sloup, který je nejčastější. Tento typ s částečně otočným sloupem se mnohdy nazývá sloupový *derik* jeřáb. Jeho manipulační plocha je kruhová výseč. Úhel otevření výseče ovlivňuje umístění vzpěr držící otočný sloup (obrázek 2.8). Pohony jsou zajišťovány zejména asynchronními elektromotory. Sloupové jeřáby se vyznačují velkou nosností, ale nízkým zdvihem, proto jsou využívány v dolech, kde zdvih nezáleží na konstrukci jeřábu, ale především na hloubce jámy.



Obrázek 2.7: Schéma sloupového jeřábu kotveného lany

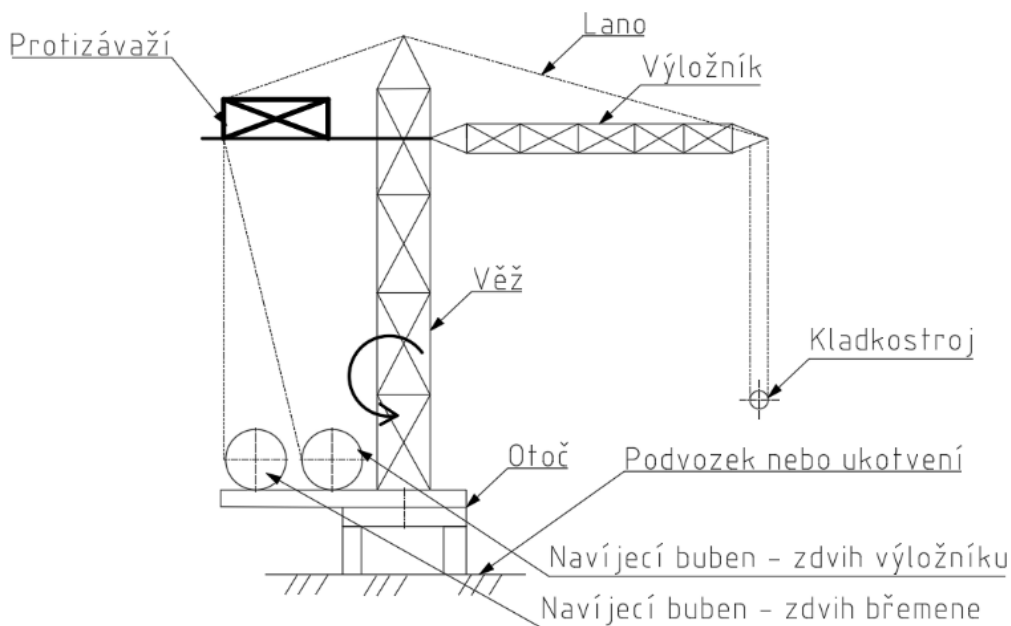


Obrázek 2.8: Schéma sloupového jeřábu derik

### 2.2.5 Věžové jeřáby

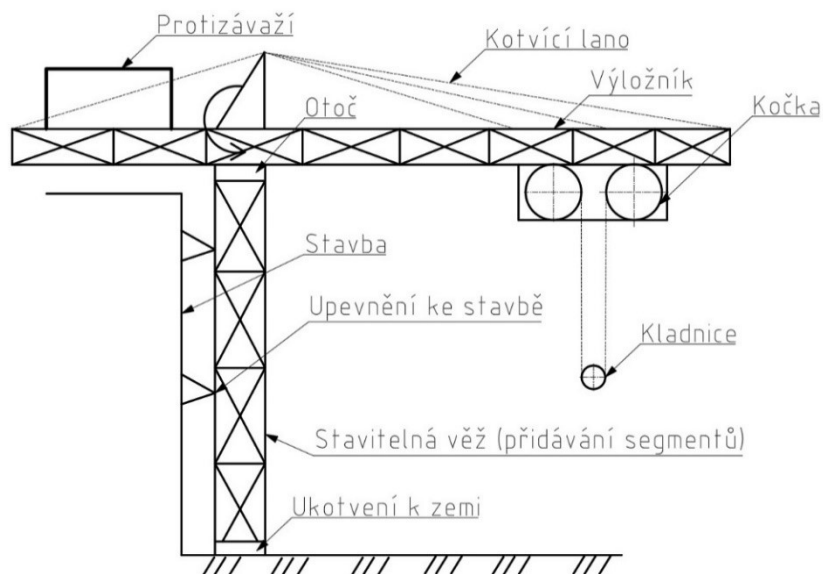
Věžové jeřáby se vyznačují svým velkým zdvihem a velkou nosností. Jejich manipulační plocha je mezikruží nebo kruhová výseč. Z konstrukčního hlediska se velice podobají sloupovým jeřábům.

a) Většina věžových jeřábů nemá kočku a manipulace směrem od osy je taktéž řešena vyložením výložníku. Tento typ se používá na klasickém staveništi a mnohdy je jeřáb umístěn na pohyblivém podvozku (obrázek 2.9). Jeho manipulační plocha je mezikruží, ovšem vzdálenost manipulační plochy od osy věže záleží na hmotnosti břemene. Těžší břemena se mohou přemísťovat v kratší vzdálenosti od věže. Výložník je zvednut do výšky, jinak by došlo ke ztrátě stability a jeřáb by spadl.



Obrázek 2.9: Schéma věžového jeřábu s otočnou věží

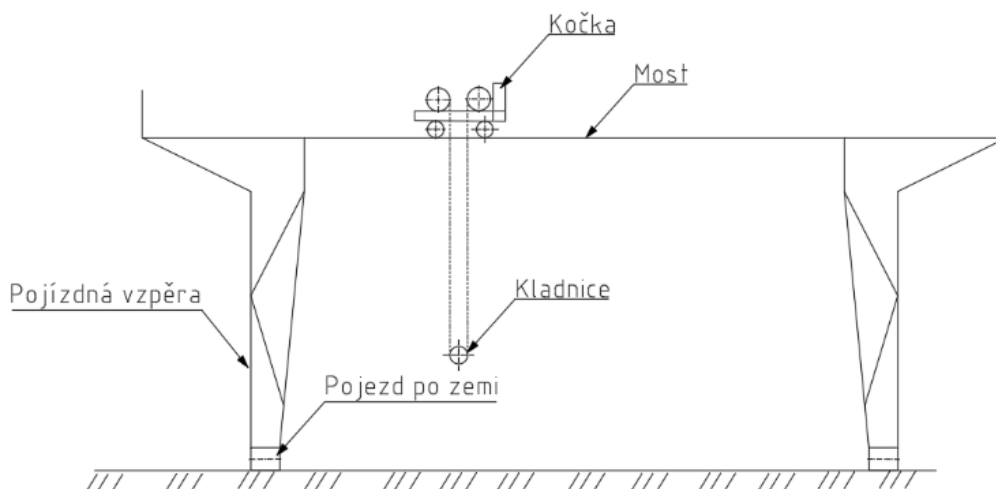
b) Druhou nejpoužívanější konstrukční variantou je věžový jeřáb ukotvený ke stavbě. Využívá se k výstavbě mrakodrapů. Jeho stále pevná věž je postupně upevňována ke stavbě. Výložník je uložen na otoči na vrcholku věže, která mu umožňuje otáčivý pohyb. Tento typ je vybaven kočkou, která zajišťuje velkou manipulační plochu jeřábu. Většinou postačuje na pokrytí celé stavby (viz obrázek 2.10).



Obrázek 2.10: Schéma věžového jeřábu s pevnou věží

### 2.2.6 Poloportálové jeřáby

Jedná se o kombinaci mostového a portálového jeřábu. Konstrukce mostu je plnostěnná nebo příhradová. Hnací kola jsou spojena s průběžnou hřídelí a řetězovým převodem. První pár hnacího a pojízdného kola se nachází na kolejnici umístěné na zdi haly. Druhý pár je umístěn na podlaze haly, kde jezdí po kolejnici v zemi nebo po zemi. Průběžná hřídel je uložena na mostě a slouží k synchronizaci otáček hnacích kol. Manipulační plocha je obdélníková pod konstrukcí mostu. Využívají se při přestavbách hal.



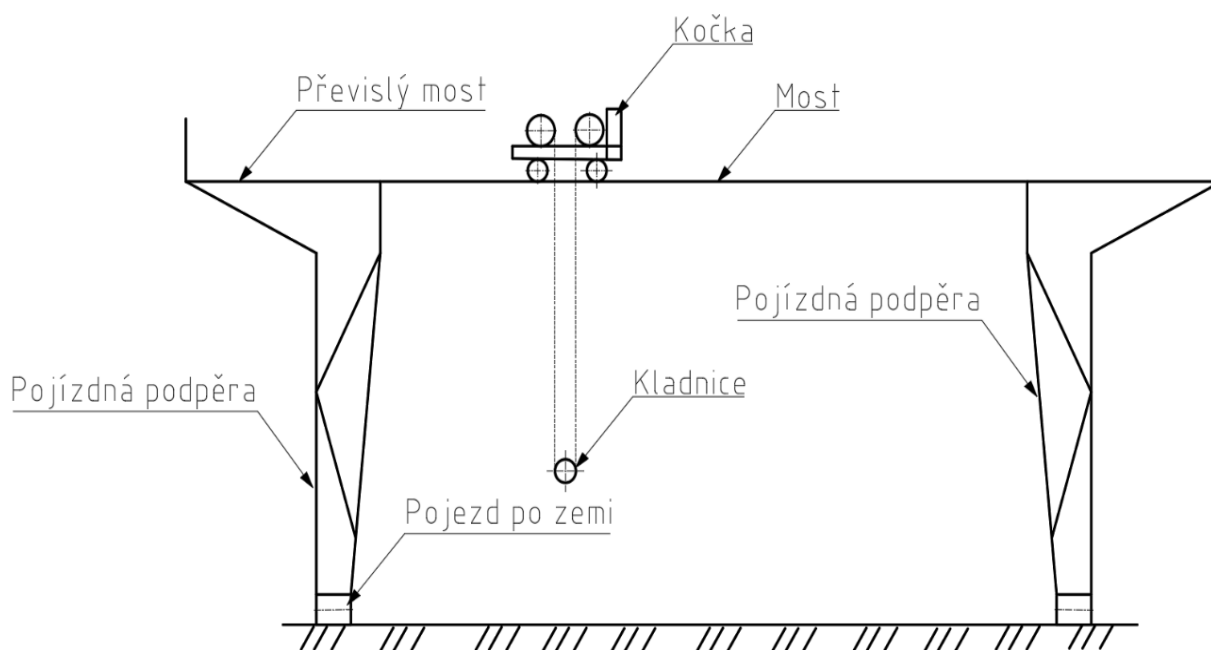
Obrázek 2.11: Schéma poloportálového jeřábu

### 2.2.7 Portálové jeřáby

Mají podobné využití jako poloportálové a mostové jeřáby. Pojezd portálového jeřábu je uložen na zemi. První typ pojezdu je po kolejnicích umístěných v zemi, druhý typ je pojezd po betonových panelech pneumatikami. U pojezdu s pneumatikami nacházíme možnost také s jeřábem zatáčet. Tento typ je složitější na konstrukci, která bývá většinou příhradová. Taktéž je možno využít kombinace příhradových pojízdných vzpěr a mostu. Manipulační plocha je obdélníková, kterou lze navýšit převislými mosty. Takovýto most může být na jedné straně (viz obrázek 2.12), nebo na obou stranách.

K pojezdu se stejně jako u poloportálových a mostových jeřábů využívá pojezdových kol na obou kolejnicích, kdy je potřeba zajistit synchronizaci otáček, aby nedošlo k vzpříčení konstrukce. Dosahuje se toho stejně jako u mostových a poloportálových jeřábů. Na mostě je umístěná průběžná hřídel, která pomocí řetězového převodu zajišťuje rovnoměrnost otáček hnacích kol.

Zdvih portálových jeřábů bývá několik desítek metrů a nosnost se pohybuje kolem desítek tun. Největší portálové jeřáby se nacházejí v přístavech, kde jejich rozpětí a výška nosných vzpěr činí až 100 metrů. Slouží k nakládání a vykládání kontejnerů na dopravní loď. Most portálu může být jednonosníkový nebo dvounosníkový.



Obrázek 2.12: Schéma portálového jeřábu s oboustranným postranním rozšířením

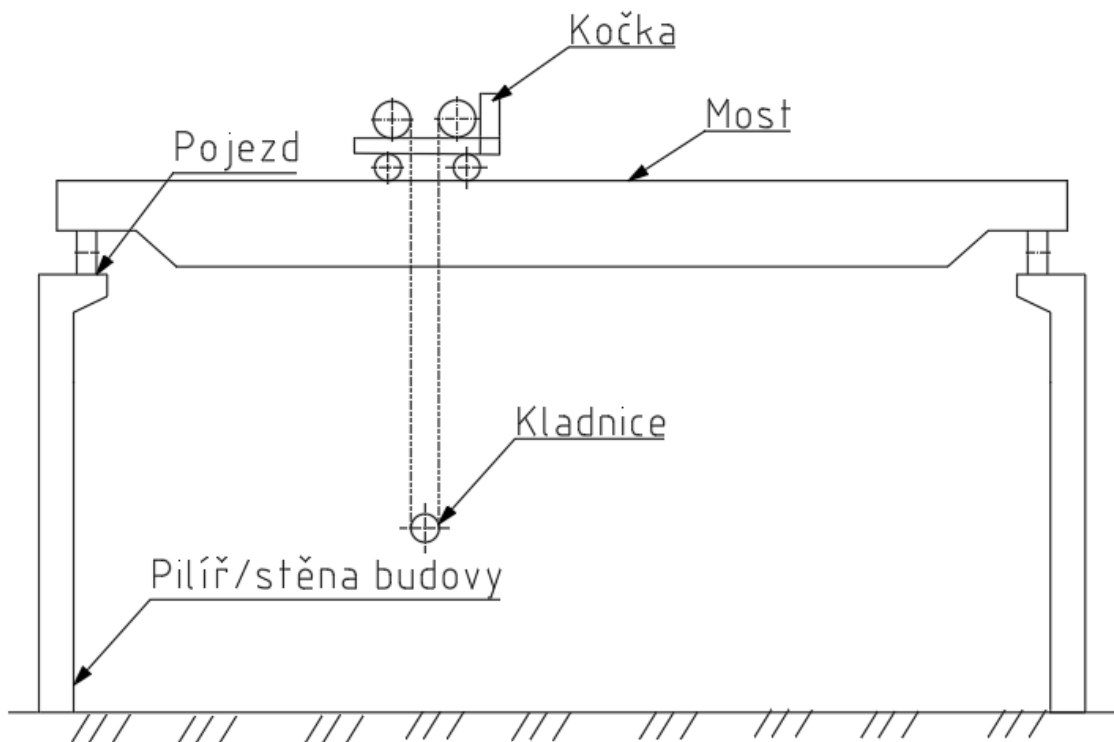


### 2.2.8 Mostové jeřáby

Jedná se o nejrozšířenější typ jeřábu, jehož nejhojnější uplatnění se využívá v halách a skladištích. Samotný most jeřábu pojíždí po speciální dráze nebo po kolejnicích nejčastěji umístěných na nosných sloupech haly. Jeho manipulační oblast je také plocha obdélníkového tvaru stejně jako u portálových a poloportálových jeřábů. Od těchto jeřábů se ale liší druhem pojezdu, kdy samotný jeřáb jezdí po kolejnicích na sloupech haly a nezasahuje tak do pracovního prostoru haly.

Mnohdy se můžeme setkat i s dvěma jeřáby nad sebou o různých nosnostech. Jako konstrukce mostu se hojně využívá I profilu. Mostové jeřáby mohou být jednonosníkové pro nižší nosnosti a dvounosníkové pro vyšší nosnosti. Taktéž bývají konstrukčně navrženy tak, aby v místech nejvyššího ohybového momentu byl průřez nosníku značně rozšířen.

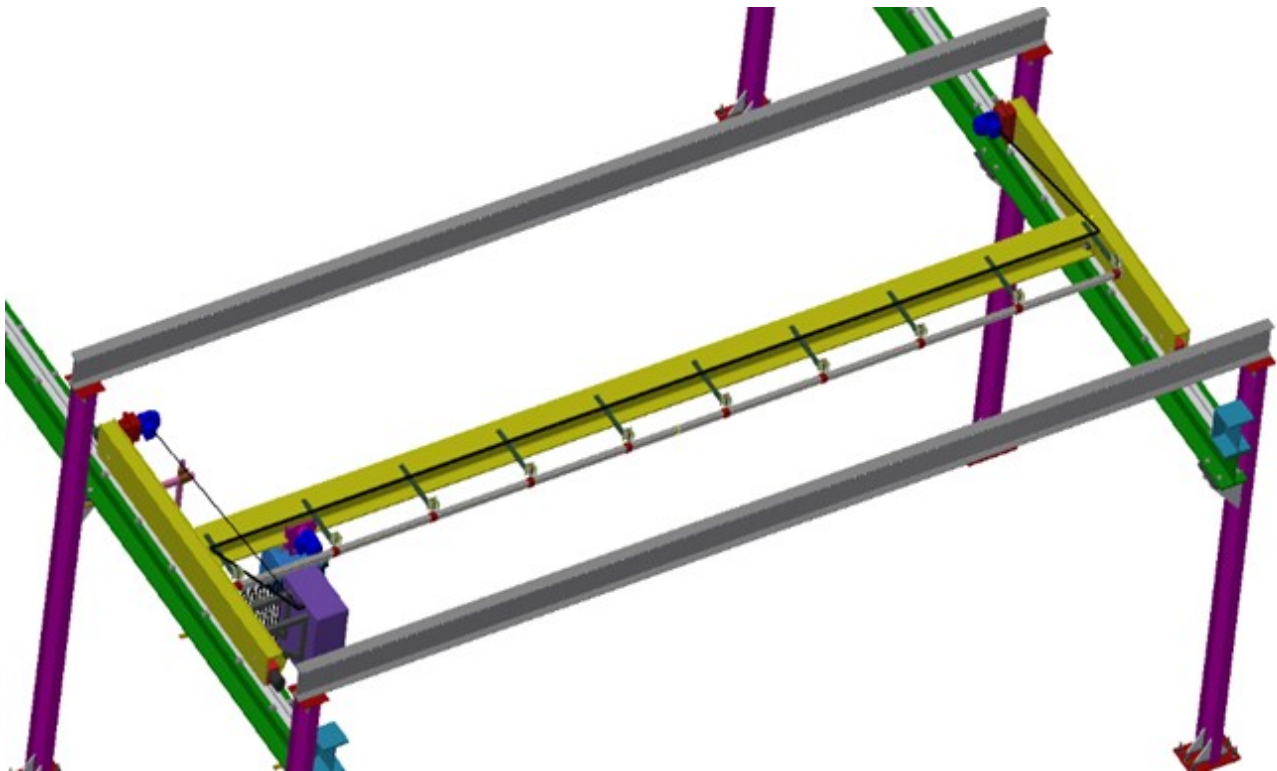
Pohon je nejčastěji realizován elektricky, výjimečně ručně. Ovládání je nejčastěji dálkové. U obrovských jeřábových konstrukcí, kde se přemísťují obrovská břemena, jsou jeřáby vybaveny jeřábovou kabinou přímo na mostu, např. při přemísťování lodních kontejnerů.



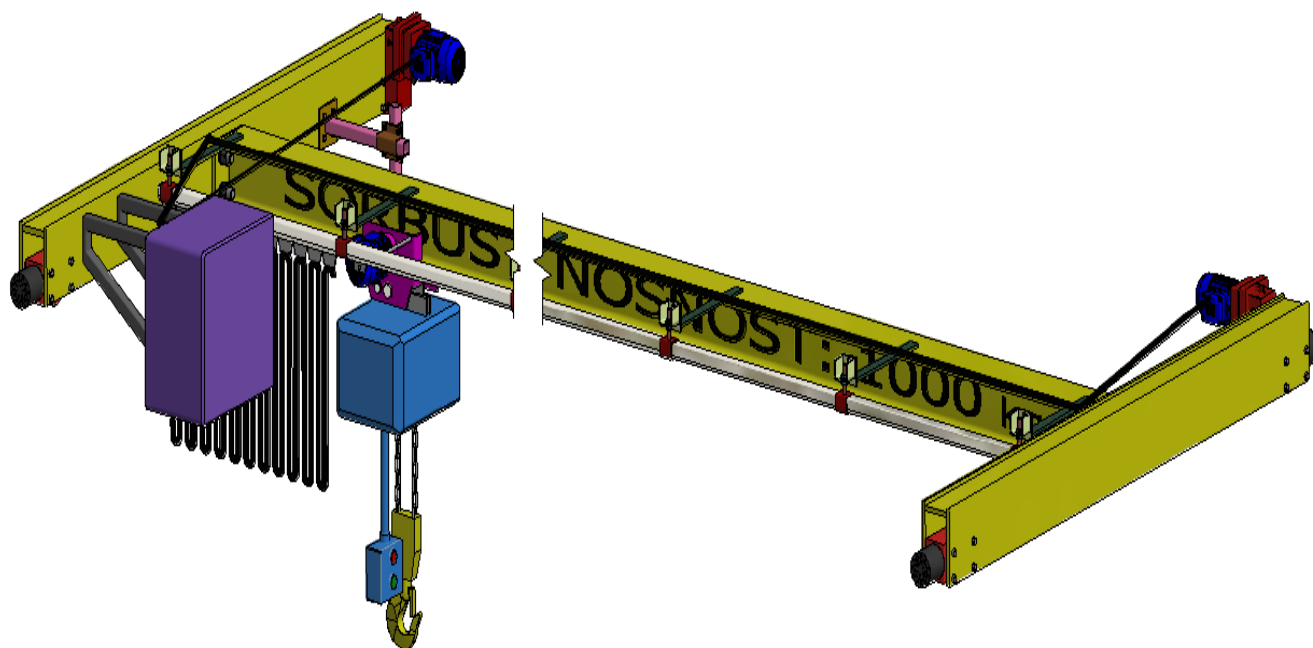
Obrázek 2.13: Schéma mostového jeřábu

### 3 Návrh konstrukce

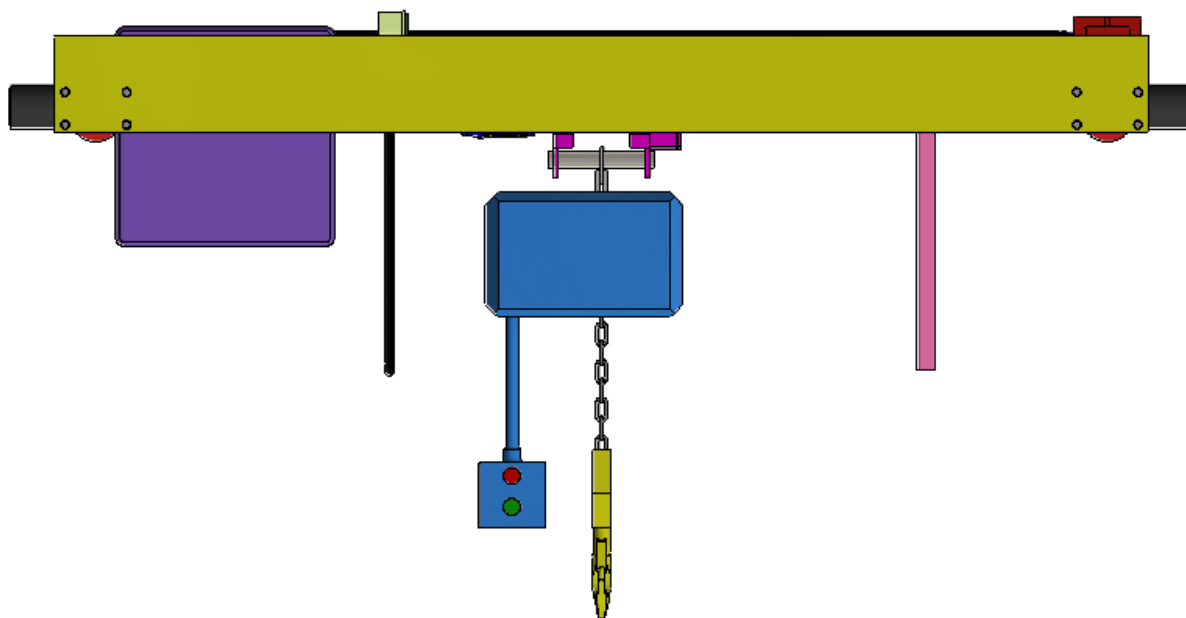
Ve své konstrukci využiji již dnes prodávaných a normalizovaných konstrukčních částí, přičemž použiji požadovaných výpočtů k jejich návrhu a kontrole. Jeřáb bude nejčastější konstrukce - shora montovaný jeřáb, označení dle EN 1990. Jelikož se jedná o dílenský jeřáb s malou nosností, volím typ - jednoosníkový mostový jeřáb. Hala není uzpůsobená pro uložení jeřábové dráhy, z toho důvodu budou taktéž navrženy ocelové sloupy, na kterých bude upevněn nosník jeřábové dráhy a posléze připevněna jeřábová dráha. Konstrukci samotného jeřábu budu navrhovat tak, aby její spotřeba místa byla co nejmenší, protože hala je malých výškových dispozic.



Obrázek 3.1: Model navržené části konstrukce jeřábu



Obrázek 3.2: Navržený mostový jeřáb - 3D pohled



Obrázek 3.3: Navržený mostový jeřáb - pohled z boku

### 3.1 Vstupní parametry

Nosnost jeřábu: 750 kg

Rychlost zdvihu: min. 4 m/min

Rychlost pojezdu jeřábu:  $v_p = 60$  m/min

Šířka haly: 9 m

Délka haly: 14 m

Umístění: dílna

Výška konstrukce: max. 3,5 m

Skupina klasifikace zařízení: A1 (ČSN ISO 4301-5)

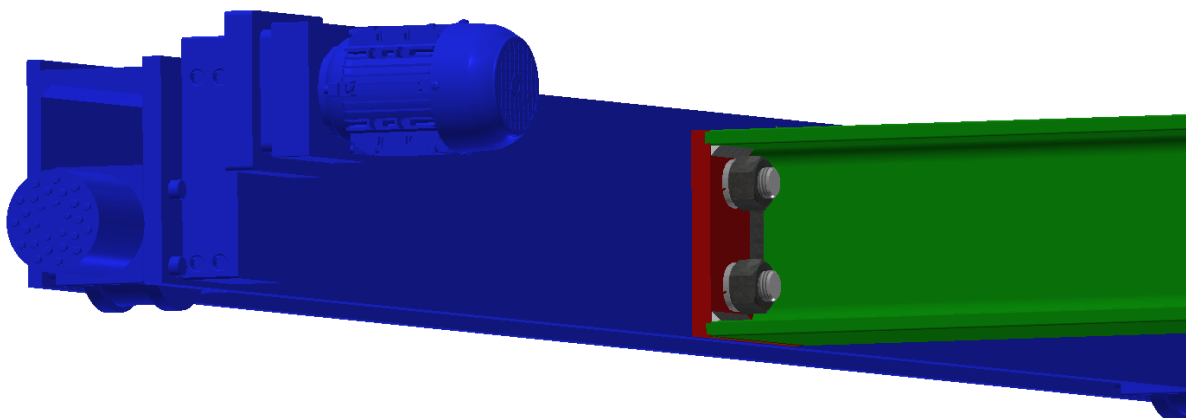
Zdvihová třída: m2 (ČSN ISO 4301-5)

Provozní třída: J2

Kategorie: S3

### 3.2 Návrh nosné konstrukce jeřábu

Nosná konstrukce byla navržena s ohledem na nízkou halu. Konstrukce se skládá z profilu mostu HEB 200 DIN 1025-2 (*zeleně*) a svařované konstrukce pojezdu (*modře*). Na profil mostu jsou navařeny spojky (*červeně*), které jsou opatřeny otvory pro lícované šrouby ke spojení profilu mostu s konstrukcí pojezdu. V pojezdu jsou také otvory pro spojení s profilem mostu. Na profil mostu bude přivařena nosná konstrukce pro kabelovou vlečku. Dále se konstrukce pojezdu opatří otvory pro pojezdová kola a upevněním pro motor s převodovkou. Jedna konstrukce pojezdu bude navíc opatřena otvory pro upevnění konstrukce sběrače a dvojicí přivařených konzol pro uchycení rozvodné skříně. Spojky plní i funkci ukončení dráhy pojezdu kladkostroje, kde přicházejí do styku s nárazníky pojezdového vozíku kladkostroje.



Obrázek 3.4: Zjednodušený model nosné konstrukce jeřábu

### 3.3 Volba jeřábového kladkostroje

Při návrhu byla zohledněna požadovaná nosnost jeřábu, uložení kočky na profilu mostu a zdvihací rychlost. Kočka bude pojíždět na samotném profilu mostu HEB 200 DIN 1025-2. Dle elektronického katalogu [1] je šíře pásnice 200 mm. Minimální zdvihací rychlost dle požadavků je 4 m/min.

Byl vybrán elektrický řetězový kladkostroj Podem od firmy GANAS [2]. Z katalogu byl navolen kladkostroj typu 1CLF- N s elektrickým pojezdem o jmenovité nosnosti 1000 kg, zdvihové rychlosti 4m/min a pojezdové rychlosti 20m/min. Pojezdový vozík kladkostroje je opatřen nárazníky.



Obrázek 3.5: Kladkostroj Podem firmy GANAS [2]

### 3.4 Volba elektrického vedení

#### Přívod proudu pro kladkostroj

Proud pro kladkostroj bude přiváděn kulatým prodlouženým kabelem dodávaným společně s kladkostrojem, který bude veden v kabelové vlečce. Na pojezdový vozík kladkostroje se upevní pomocné rameno, které bude sbírat kabel a vést jej s vozíky v kabelové vlečce. Kabelová vlečka bude přimontována k držákům kabelové vlečky, které jsou navařeny na profil mostu. Kompletní kování bylo vybráno z katalogu firmy Portaflex s.r.o - jedná se o část sortimentu Niko Kování pro kabelové vlečky. Volím komponenty kabelové vlečky **velikosti 23**.

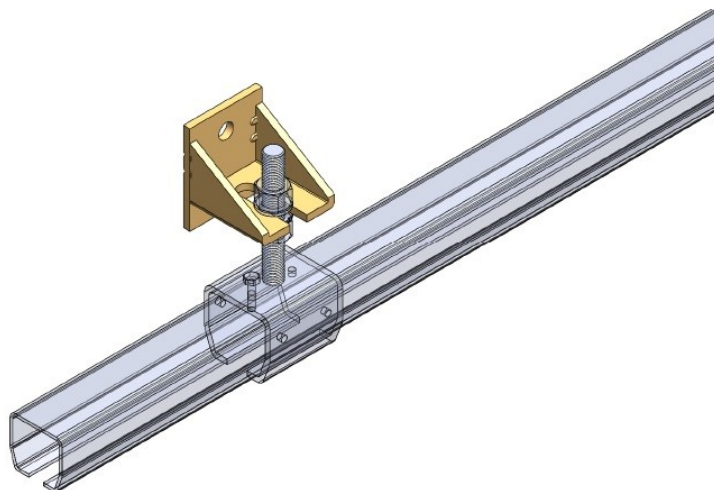
**Komponenty kabelové vlečky:**

Kolejnice surová 020 [3]

Upevňovací konzola jednoduchá B05 BU [4]

Svorka stavitelná B04 [5]

Kladka pro kulatý kabel L15 [6]



Obrázek 3.6: Sestava kabelové vlečky [4]



Obrázek 3.7: Kladka pro kulatý kabel [6]

### **Přívod proudu pro jeřáb**

Přívod proudu bude realizován pomocí trolejí z důvodu bezpečnosti, jednoduchosti montáže a úspory místa. Troleje byly zvoleny od firmy FELS. Pomocí nich bude napájen kladkostroj, pojezd kladkostroje a pár motorů pojezdových kol. Troleje budou zavěšeny v závěsech, které budou připevněny na spodní pásnici nosného profilu jeřábové dráhy. Závěsy včetně příslušenství jsou dodávány společně s trolejemi, popřípadě jako doprovodné příslušenství. Na konstrukci pojezdu mostu bude připevněno rameno sběrače, na kterém bude připevněn sběrač (kladka) sbírající proud z trolejí. Přesný typ závisí na elektroinstalaci všech prvků konstrukce. Volím konstrukční řešení Mobilis ELITE [7].



Obrázek 3.8: *Konstrukční řešení trolejí Mobilis ELITE [7]*

### **3.5 Frekvenční měnič**

Pro regulaci rychlosti pojezdu mostu a jeřábové kočky bude použit frekvenční měnič firmy Demag Cranes z řady DEDRIVE COMPACT STO [8]. Přesnější konfigurace budou voleny dále dle elektrické výzbroje jeřábu. Frekvenční měnič bude uložen v rozvodné skříni připevněné na konzolách přivařených ke konstrukci pojezdu mostu. Rozvodná skříň bude dále vybavena pojistkami a dalšími potřebnými prvky. Do rozvodné skříně se budou sbíhat kabely od motorů pojezdových kol, kladkostroje a napájecí kabel ze sběrače elektrického proudu trolejí.

### 3.6 Jeřábová dráha

Dráha se skládá z kolejnic, které jsou uchyceny upínkami a šrouby k nosnému profilu (HEB 240 DIN 1025-2) jeřábové dráhy. V nosném profilu dráhy jsou vyvrtány otvory pro šrouby M16. Pod jeřábovou kolejnicí je vložena tlumící vložka z důvodu tlumení rázu při poježdění jeřábu. Kolejnice a jejich upínací systém byl zvolen od firmy ORTEC ČR.

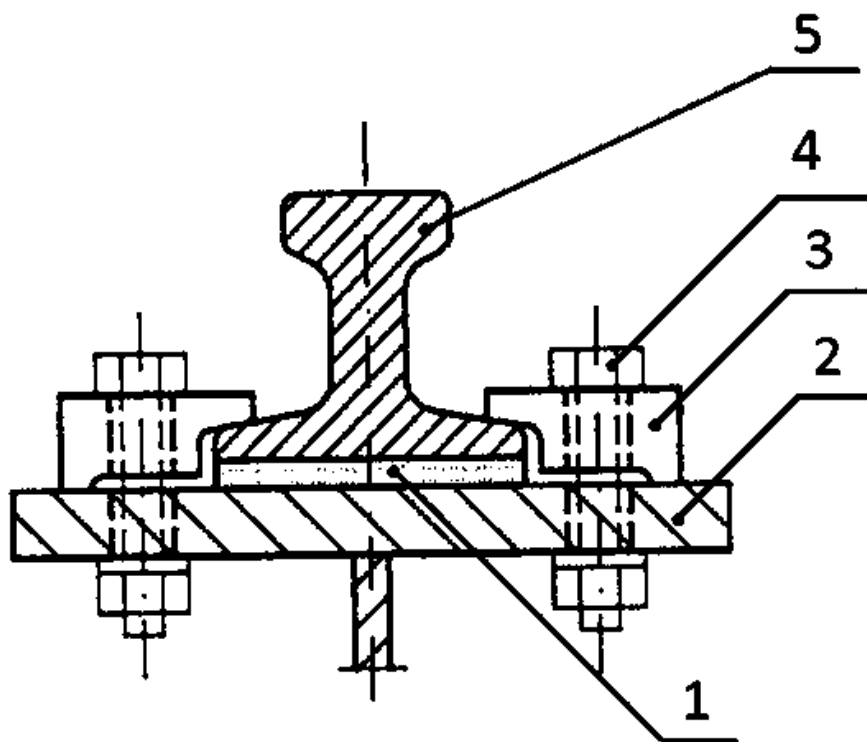
#### Jeřábová kolejnice

A45 dle DIN 536 [9]

#### Upínky včetně šroubů

Upínací systém ORTEC MX 1016 [10]

Délka kolejnice je 8500 mm, kolejnice je upnuta upínkami vzdálenými od sebe 14x600 mm. První upínka je od začátku kolejnice vzdálená 50 mm. Na (obrázku 3.9) je schematicky vyobrazen zvolený typ uchycení jeřábové kolejnice k ocelovému profilu pomocí průchozích šroubů zajištěných podložkou a maticí. Zvolené řešení je nejpoužívanější a doporučené výrobcem upínek. Na konci jeřábové dráhy budou na jejím nosném profilu navařeny dorazy, které zajistí dobrzdění jeřábu, popřípadě tlumení nárazu jeřábu.



Obrázek 3.9: Schématický nákres upevnění kolejnice [19]

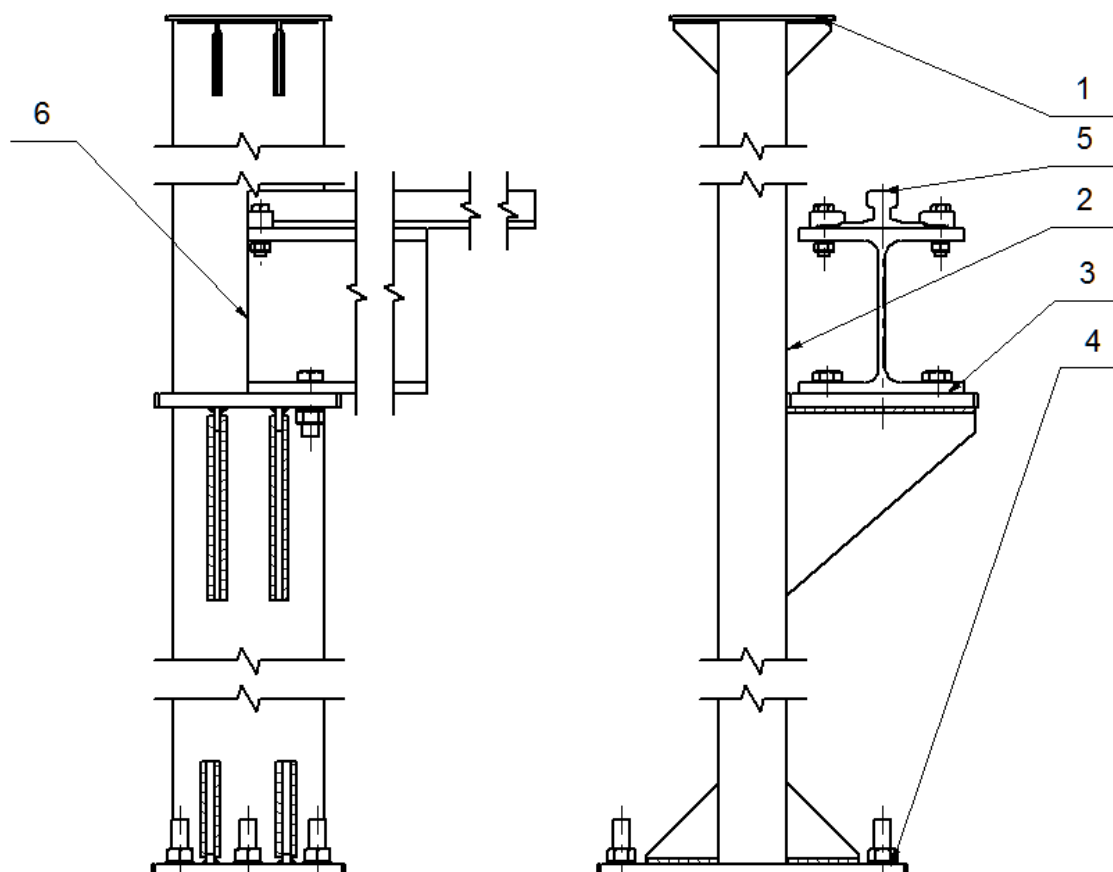
1 - tlumící vložka, 2 - vrchní pásnice profilu,

3 - upínka, 4 - šroubový spoj, 5 - kolejnice



### 3.7 Nosné sloupy

Sloupy jsou hlavním nosným prvkem jeřábové dráhy. Jedná se o svařenec. Hlavní část tvoří profil I220 ČSN 45 550 (2) na nějž jsou navařeny konstrukční prvky, z důvodu stability a pevnosti jsou navařena výztužná žebra. Konzole (3) slouží k upevnění nosného profilu kolejnice pomocí šroubů. Horní příložka (1) slouží k přivaření horního I profilu, který zabezpečuje stabilitu a zamezuje zborcení jeřábu. Spodní příložka (4) slouží k upevnění sloupu k zemi. Nosný sloup bude připevněn šrouby zalitými v betonu.



Obrázek 3.10: Schéma nosného sloupu

1 - horní příložka, 2 - I profil, 3 - nosná konzole,  
4 - spodní příložka, 5 - kolejnice, 6 - nosný profil kolejnice

### 3.8 Volba nárazníků

Nárazníky slouží k tlumení nárazů na dorazy jeřábové dráhy. Nárazníky budou přišroubovány na domky pojezdových kol. Toto řešení je nabízeno výrobcem pojezdových ústrojí Demag Cranes. Pro výpočet typu a velikosti nárazníku použijí vzorce a katalog firmy Conductix [11].

$Q_C = 2300 \text{ kg}$  ... hmotnost konstrukce jeřábu

$Q_{h,nom} = 1000 \text{ kg}$  ... jmenovitá nosnost kladkostroje

$v_p = 60 \text{ m/min} = 1 \text{ m/s}$  ... pojezdová rychlost jeřábu

$n_n$  ... počet nárazníků při kontaktu s dorazy jeřábové dráhy [-]

#### Výpočet nárazové práce

$$n_n \cdot W_n = \frac{1}{2} \cdot (Q_C + Q_{h,nom}) \cdot v_p^2 \quad (3.1)$$

$$2 \cdot W_n = \frac{1}{2} \cdot (2300 + 1000) \cdot 1^2$$

$$2 \cdot W_n = 1650$$

$$W_n = \frac{1650}{2}$$

$$W_n = 825 \text{ J}$$

Dle výpočtu byl zvolen pryžový nárazník typu 017120-125N od firmy Conductix [11].



Obrázek 3.11: Nárazník typu 017120 firmy Conductix [11]

### 3.9 Volba pojezdových kol

Pojezdová kola budou uložena ve svařované konstrukci pojezdu. Na trhu existuje již několik elegantních řešení. V mém případě celé kolové bloky firmy Demag Cranes, které se uchycují ke konstrukci pomocí čepů. Typ a rozměry se určí podle jmenovité únosnosti kolových bloků. Tyto bloky se dodávají ve dvou typech: hnací a hnaný kolový blok. Výhodou kolových bloků je výběr a řešení kompletního pojezdu, včetně příslušné převodovky a elektromotoru.

$n_k$  ... počet pojezdových kol jeřábu [–]

#### Výpočet minimální únosnosti pojezdového kola

$$N_{min} = \frac{Q_C + Q_{h,nom}}{n_k} \quad (3.2)$$

$$N_{min} = \frac{2300 + 1000}{4}$$

$$N_{min} = 825 \text{ kg}$$

Byly navoleny kolové bloky DRS firmy Demag Cranes konstrukční velikosti DRS 112, v provedení dvou kusů hnaných kolových bloků a dvou kusů hnacích kolových bloků s drážkováním pro drážkovanou hřídel převodovky. [12]



Obrázek 3.12: Kolový blok DRS firmy Demag Cranes [13]

## 4 Návrh pohonu jeřábu

Pohon je realizován dvojicí elektromotorů s brzdou, které budou zpřevodovány paralelními převodovkami. Výstupní drážkovaná hřídel převodovky bude uložena v drážkování pojezdového kola. Převodovka s elektromotorem (Gearmotor) je taktéž od firmy Demag Cranes. Gearmotor bude nakonfigurován a navolen dle katalogu a samotné konstrukce jeřábu. Gearmotor bude nakonfigurován na maximální pojezdovou rychlost při nejvyšším zatížení jeřábu břemenem. Rychlost pojezdu lze regulovat pomocí frekvenčního měniče.

$$q_1 = 150 \text{ Pa} \dots \text{tlak větru [20 – str. 311]}$$

$$S_j = 2,8 \text{ m}^2 \dots \text{průmět plochy konstrukce jeřábu do roviny působení větru [model konstrukce]}$$

$$S_b = 1 \text{ m}^2 \dots \text{průmět plochy břemene do roviny působení větru [20 – str. 310]}$$

$$C_w = 1,6 [-] \dots \text{tvarový součinitel konstrukce jeřábu [20 – str. 256]}$$

### Výpočet celkové plochy vystavené větrem při poježdění

$$S_c = S_j + S_b \text{ [m}^2\text{]} \quad (4.1)$$

$$S_c = 2,8 + 1$$

$$S_c = 3,8 \text{ m}^2$$

### Výpočet síly bránící pojezdu jeřábu vznikající působením tlaku větru

$$F_{\text{větru}} = q_1 \cdot C_w \cdot S_c \text{ [N]} \quad (4.2)$$

$$F_{\text{větru}} = 150 \cdot 1,6 \cdot 3,8$$

$$F_{\text{větru}} = 920 \text{ N}$$

### Výpočet hnací síly

$$K = \left( \frac{Q_c + G_{h,nom}}{R_k} \cdot (e + f_{\xi} \cdot r) \cdot \kappa \cdot g \right) + F_{\text{větru}} \text{ [N]} \quad (4.3)$$

$$K = \left( \frac{2300 + 1000}{56} \cdot (0,08 + 0,02 \cdot 20) \cdot 2 \cdot 9,81 \right) + 920$$

$$K = 1475 \text{ N}$$

$$R_k = 56 \text{ mm} \dots \text{poloměr pojezdového kola jeřábu [12]}$$

$\kappa = 2 [-]$  ... součinitel tření nákolků o kolejnice [20 – str. 256]

$r = 20 \text{ mm}$  ... poloměr hřídele pojezdového kola [12]

$e_v = 0,08 [-]$  ... součinitel valivého tření [20 – str. 255]

$f_{\xi} = 0,02 [-]$  ... součinitel čepového tření pro valivá ložiska [20 – str. 255]

### Výpočet otáček pojezdového kola

$$n_{ko} = \frac{v_p}{2 \cdot \pi \cdot R_k} \quad [ot \cdot min^{-1}] \quad (4.4)$$

$$n_{ko} = \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot 0,056}$$

$$n_{ko} \cong 171 \text{ ot} \cdot min^{-1}$$

### Výpočet točivého momentu na konci hřídele Gearmotoru

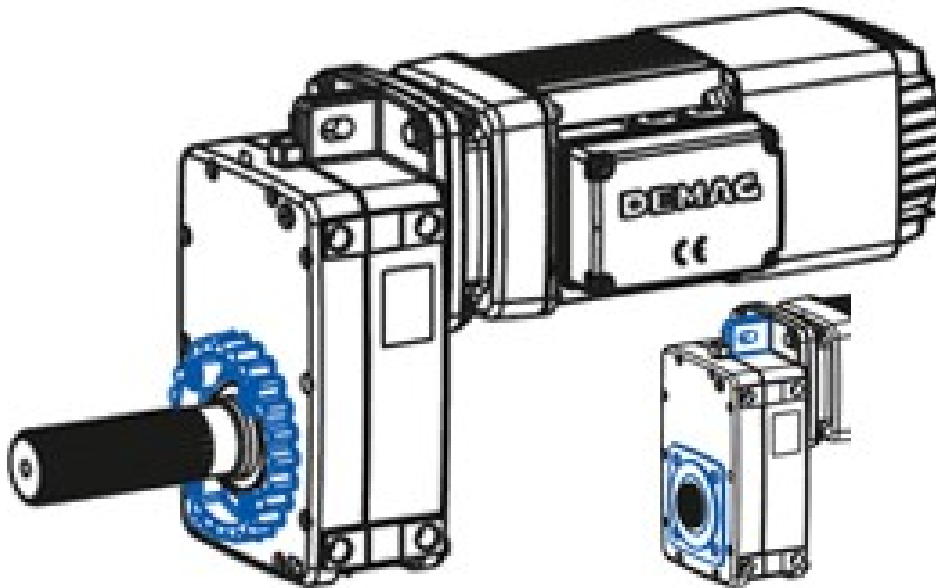
$$T_p = \frac{K \cdot R_k}{N_{hn}} \quad [N \cdot mm] \quad (4.5)$$

$$T_p = \frac{1475 \cdot 0,056}{2}$$

$$T_p \cong 42 \text{ N} \cdot m$$

$n_{hn} = 2 [-]$  ... počet hnacích pojezdových kol

Dle vypočteného momentu byl navolen Gearmotor od společnosti Demag Cranes. Gearmotor se osadí plochou převodovkou katalogového čísla A10 [14]. Katalogový točivý moment navolené převodovky je  $130 \text{ N} \cdot \text{m}$ . Převodovka bude nakonfigurována dle návrháře prodejce na výstupní otáčky pojzdového kola  $n_{ko}$ .



Obrázek 4.1: Gearmotor s plochou převodovkou s drážkovanou hřídelí [14].

## 5 Statické kontrolní výpočty šroubů

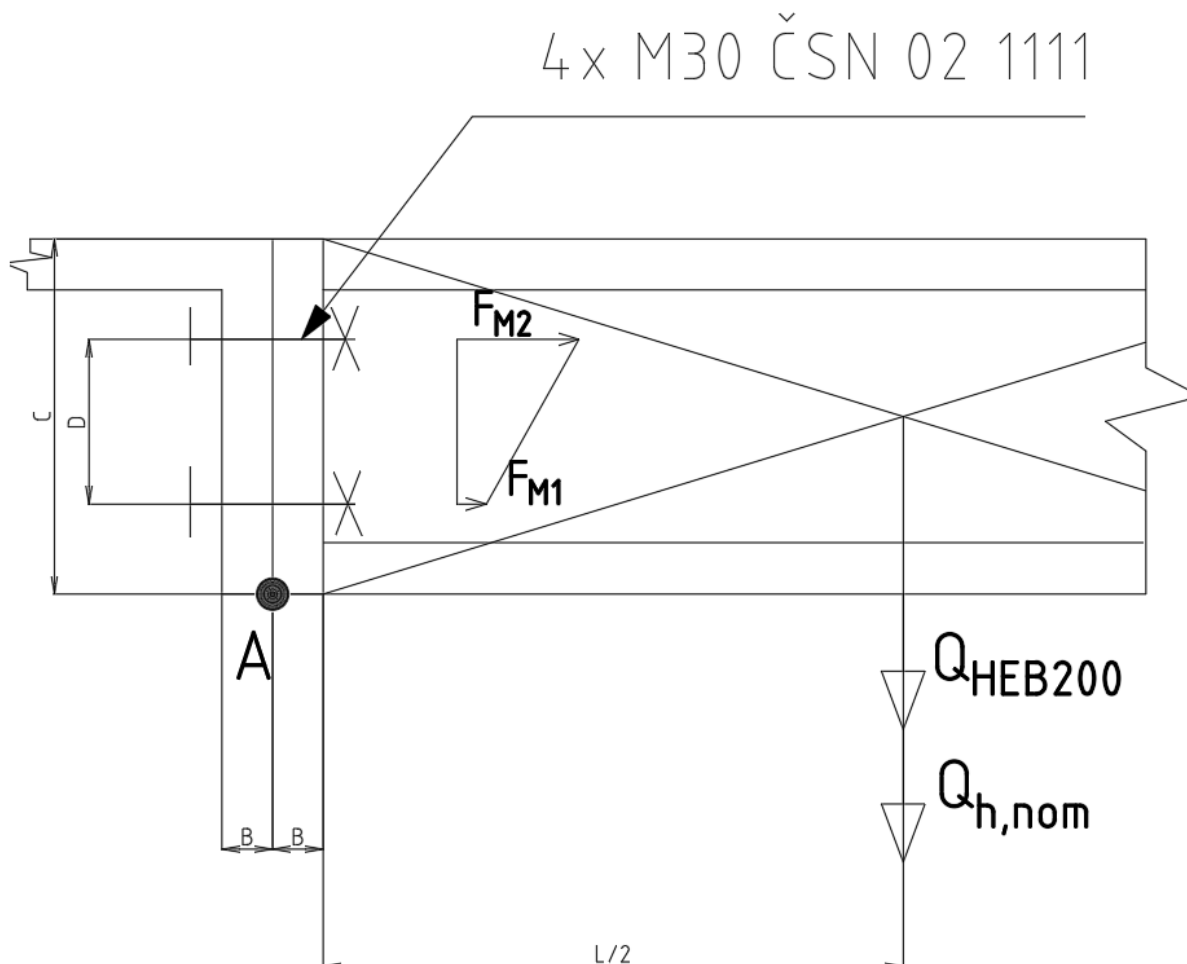
Kontrolní výpočet se týká lícovaných šroubů, které jsou hlavním nosným prvkem navržené konstrukce. Jejich kontrola bude složena ze dvou částí. Pro výpočet budou vybrána kritická místa a poloha kladkostroje tak, aby namáhání v daném výpočetním kroku bylo nejvyšší.

V první části bude kontrolován závit a jádro šroubu na tah a krut. Pro výpočet bylo potřeba zjistit maximální provozní sílu a určit minimální předpětí ve šroubu. Byla provedena kontrola statické bezpečnosti a následný návrh matice pro zvolený šroub.

Druhá část se týká kontroly dříku lícovaného šroubu na stříh a otvor příruby na otláčení v kritickém místě.

### 5.1 Kontrola lícovaného šroubu na tah a krut

Pro kontrolu lícovaných šroubů M30 x 85 ČSN 02 1111 bylo použito zátěžové schéma (dle obr. 5.1). Jelikož se jedná o symetrické uložení, počítám s polovičními zatěžujícími účinky.



Obrázek 5.1: Výpočtové schéma šroubů pro tah a krut

$L = 8000 \text{ mm}$ ,  $B = 20 \text{ mm}$ ,  $C = 200 \text{ mm}$ ,  $D = 100 \text{ mm}$

### Výpočet tíhy profilu HEB200

$$Q_{HEB200} = m_{HEB200} \cdot g \cdot L \quad [N] \quad (5.1)$$

$$Q_{HEB200} = 61,3 \cdot 9,81 \cdot 8$$

$$Q_{HEB200} = 4810 \text{ N}$$

### Výpočet tíhy břemene

$$Q_{hnom*} = Q_{h,nom} \cdot g \quad [N] \quad (5.2)$$

$$Q_{hnom*} = 1000 \cdot 9,81$$

$$Q_{hnom*} = 9810 \text{ N}$$

$Q_{h,nom} = 1000 \text{ kg}$  ... nosnost kladkostroje

$m_{HEB200} = 61,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$  ... hmotnost 1 metru profilu HEB200

### Momentové rovnovážné rovnice k bodu A

$$\frac{Q_{hnom*} + Q_{HEB200}}{2} \cdot \frac{L}{2} = 2 \cdot \left[ F_{M2} \cdot \left( d + \frac{c-d}{2} \right) + F_{M1} \cdot \frac{c-b}{2} \right] \quad (5.3)$$

$$\frac{9810 + 4810}{2} \cdot \frac{8000}{2} = 2 \cdot \left[ F_{M2} \cdot \left( 100 + \frac{200-100}{2} \right) + F_{M1} \cdot \frac{200-100}{2} \right]$$

$$29\,240\,000 = 2 \cdot [F_{M2} \cdot 150 + F_{M1} \cdot 50]$$

$$\frac{F_{M1}}{\frac{c-d}{2}} = \frac{F_{M2}}{d + \frac{c-d}{2}} \quad (5.4)$$

$$\frac{F_{M1}}{\frac{200-100}{2}} = \frac{F_{M2}}{100 + \frac{200-100}{2}}$$

$$\frac{F_{M1}}{50} = \frac{F_{M2}}{150}$$



z (5.4) vyjádřena  $F_{M2}$

$$F_{M1} = \frac{50 \cdot F_{M2}}{150} \quad (5.5)$$

z (5.5) dosazeno do (5.3) a vyjádřena  $F_{M2}$

$$29\,240\,000 = 2 \cdot \left[ F_{M2} \cdot 150 + \frac{50 \cdot F_{M2}}{150} \cdot 50 \right]$$

$$29\,240\,000 = [F_{M2} \cdot 300 + F_{M2} \cdot 45]$$

$$29\,240\,000 = F_{M2} \cdot (320 + 33)$$

$$\frac{29\,240\,000}{353} = F_{M2}$$

$$F_{M2} = 82\,833 = F_{Mmax} = F_P$$

$F_{M2}$  dosazeno do (5.5)

$$F_{M1} = \frac{50 \cdot F_{M2}}{150}$$

$$F_{M1} = \frac{50 \cdot 82\,833}{150}$$

$$F_{M1} = 27\,611\,N$$

**Rozměrová charakteristika zvoleného šroubového spoje:**

**LÍCOVANÝ ŠROUB M30 x 85 ČSN EN 02 1111 [15 - str. 359]**

$d = 30\,mm$  ... velký průměr závitu

$D_1 = 26,211\,mm$  ... malý průměr závitu

$D_d = 32\,mm$  ... průměr dřívku šroubu

$d_3 = 25,706\,mm$  ... průměr jádra šroubu

$P = 3,5\,mm$  ... rozteč závitu

$d_2 = 27,727\,mm$  ... střední průměr závitu

$k = 19\,mm$  ... výška hlavy šroubu

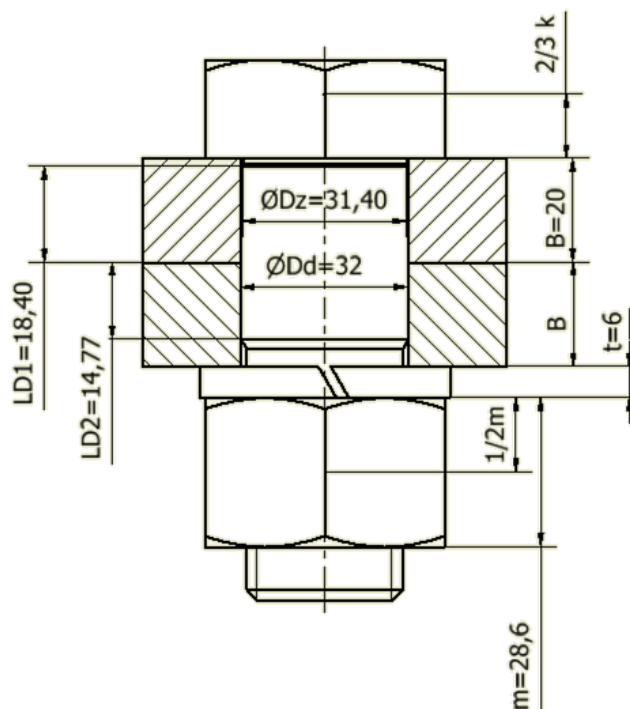
$S_k = 46\,mm$  ... rozměr utahovacího klíče

**MATICE M30 x 3,5 ČSN EN ISO 4032 [15 - str. 425]**

$m = 28,6\,mm$  ... výška matice [15 - str. 426]

**PRUŽNÁ PODLOŽKA 30 ČSN 02 1741 [15 - str. 441]**

## Výpočet tuhosti šroubu



Obrázek 5.2: Schéma šroubového spoje pro výpočet tuhosti šroubu

$E_o$  ... modul pružnosti v tahu pro ocel,  $E_o = 210\,000\text{ MPa}$  [18]

$c_s$  ... tuhost šroubu [N/mm]

$$\frac{1}{c_s} = \frac{1}{E_o} \cdot \sum_i \frac{l_{si}}{S_{si}} \quad \left[ \frac{\text{mm}}{\text{N}} \right] \quad (5.7)$$

$$\frac{1}{c_s} = \frac{1}{E_o} \cdot \left[ \frac{\frac{2}{3} \cdot k}{\pi \cdot \frac{D_d^2}{4}} + \frac{B - L_{D1}}{\pi \cdot \frac{D_z^2}{4}} + \frac{L_{D1} + L_{D2}}{\pi \cdot \frac{D_d^2}{4}} + \frac{(B - L_{D2}) + t}{\pi \cdot \frac{d_3^2}{4}} + \frac{\frac{1}{2} \cdot m}{\pi \cdot \frac{d_2^2}{4}} \right]$$

$$\frac{1}{c_s} = \frac{1}{210000} \cdot \left[ \frac{\frac{2}{3} \cdot 19}{\pi \cdot \frac{32^2}{4}} + \frac{20 - 18,4}{\pi \cdot \frac{31,4^2}{4}} + \frac{18,4 + 14,77}{\pi \cdot \frac{32^2}{4}} + \frac{(20 - 14,77) + 6}{\pi \cdot \frac{25,706^2}{4}} + \frac{\frac{1}{2} \cdot 28,6}{\pi \cdot \frac{27,727^2}{4}} \right]$$

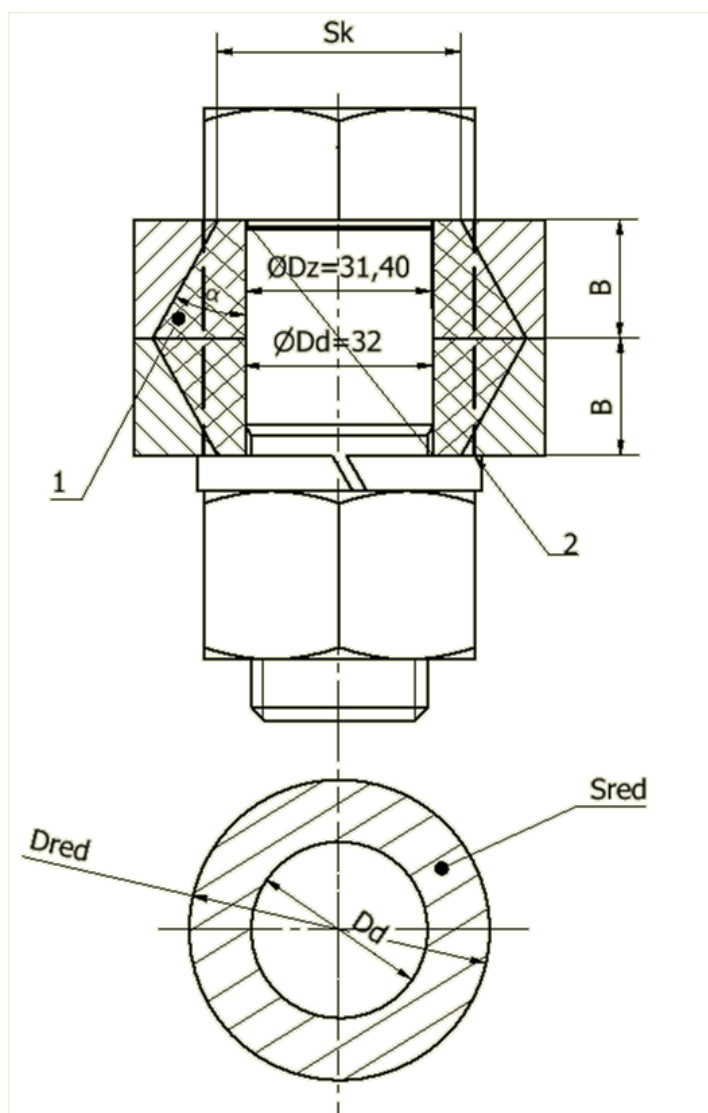
$$\frac{1}{c_s} = 4,96657 \cdot 10^{-7} \text{ mm/N}$$

$$1 = 4,96657 \cdot 10^{-7} \cdot c_s$$

$$c_s = \frac{1}{4,96657 \cdot 10^{-7}}$$

$$c_s = 2\,013\,462 \text{ N/mm}$$

### Výpočet tuhosti přírub



Obrázek 5.3: Schéma pro výpočet tuhosti přírub  
1- Bachův komolý dvojkužel, 2- Röttscherův válec

$$D_{red} = S_k + \frac{1}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \quad [mm] \quad (5.8)$$

$$D_{red} = 46 + \frac{1}{2} \cdot \operatorname{tg}(40^\circ)$$

$$D_{red} = 53,28 \text{ mm}$$

$$S_{př} = S_{red} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{red}^2 - D_d^2) \quad [mm^2] \quad (5.9)$$

$$S_{red} = \frac{\pi}{4} \cdot (53,28^2 - 32^2)$$

$$S_{red} = 1\,425,3 \text{ mm}^2$$

$$c_{př} = \frac{E_0 \cdot S_{red}}{2 \cdot B} \quad [N/mm] \quad (5.10)$$

$$c_{př} = \frac{210\,000 \cdot 1\,425,3}{2 \cdot 20}$$

$$c_{př} = 7\,482\,825 \text{ N/mm}$$

#### Podmínka tuhosti

$$c_s < c_{př} \quad (5.11)$$

$$2\,013\,462 < 7\,482\,825$$

#### **VYHOVUJE**

##### 5.1.1 Kontrola předejzatého spoje

Šroub je namáhán na:

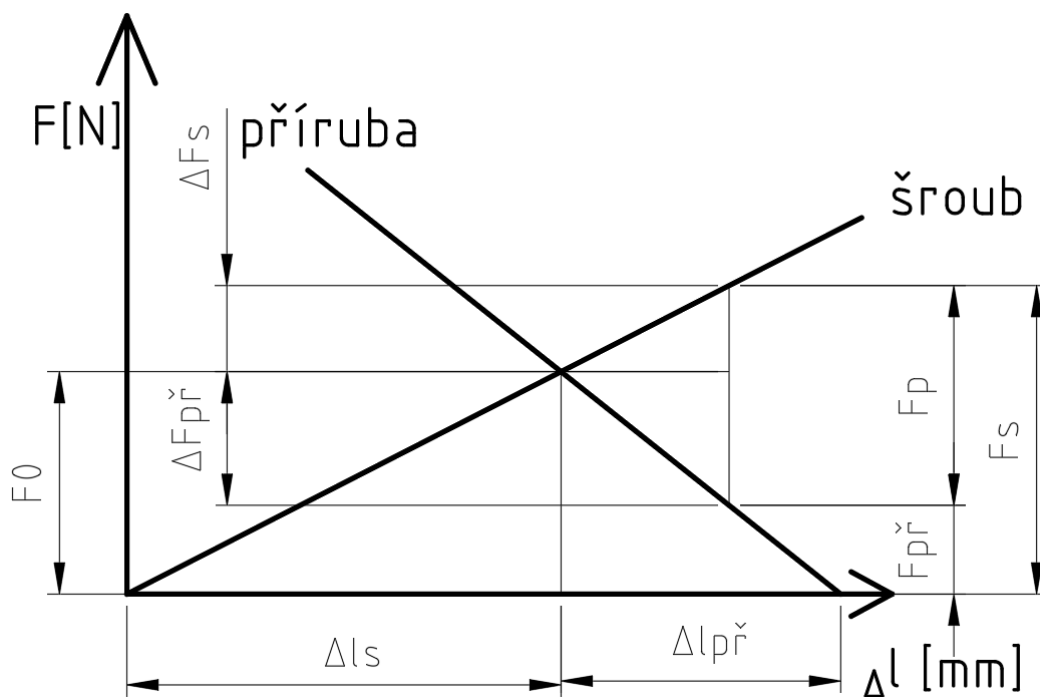
- a) **tah** od provozní síly  $F_p$  [N] a od předpětí vyvozené utažením šroubu  $F_0$  [N],
- b) **krut** vyvozený utažením matice utahovacím momentem  $M_u$  [N · m].

Statickou bezpečnost  $k_s$  [-] volím **1,5**. [16 – str. 24].

Součinitele těsnosti spoje  $k_t$  [-] volím **0,3**. [17 – str. 11]

Pevnostní třída šroubu: volím 5.8.  $R_e = 400 \text{ MPa}$  [16 – str. 14]

Dovolený tlak pro otláčení oceli volím  $p_D = 100 \text{ MPa}$ . [16 – str. 21]



Obrázek 5.4: Diagram předepjatého spoje

$F_0$  ... předpětí ve šroubovém spoji [N]

$\Delta F_{př}$  ... úbytek síly v přírubách [N]

$\Delta F_s$  ... přírůstek síly ve šroubu [N]

$F_s$  ... síla ve šroubu [N]

$F_{př}$  ... síla v přírubách [N]

$\Delta l_s$  ... pružná deformace šroubu [mm]

$\Delta l_{př}$  ... pružná deformace přírub [mm]

#### Výpočet minimální síly v přírubách

$$F_{přMIN} = k_t \cdot F_p \quad [\text{N}] \quad (5.12)$$

$$F_{přMIN} = 0,3 \cdot 82\,833$$

$$F_{přMIN} = 24\,850 \text{ N} \gg \text{VOLÍM} \gg F_{př} = 25\,000 \text{ N}$$

**Výpočet úbytku provozní síly v přírubách**

$$\Delta F_{př} = F_p \cdot \frac{c_{př}}{c_s + c_{př}} \quad [N] \quad (5.13)$$

$$\Delta F_{př} = 82\,833 \cdot \frac{7\,482\,825}{2\,013\,462 + 7\,482\,825}$$

$$\Delta F_{př} = 65\,240 \text{ N}$$

**Výpočet přírůstku síly od provozní síly ve šroubu**

$$\Delta F_s = F_p \cdot \frac{c_s}{c_s + c_{př}} \quad [N] \quad (5.14)$$

$$\Delta F_s = 82\,833 \cdot \frac{2\,013\,462}{2\,013\,462 + 7\,482\,825}$$

$$\Delta F_s = 17\,563 \text{ N}$$

**Výpočet potřebného předpětí**

$$F_0 = F_{př} + \Delta F_{př} \quad [N] \quad (5.15)$$

$$F_0 = 25\,000 + 65\,240$$

$$F_0 = 90\,240 \text{ N}$$

**Výpočet celkové síly ve šroubu**

$$F_s = F_0 + \Delta F_s \quad [N] \quad (5.16)$$

$$F_s = 90\,240 + 17\,563$$

$$F_s = 107\,803 \text{ N}$$

**Výpočet tahového napětí v jádře šroubu**

$$\sigma_t = \frac{F_s}{\pi \cdot \frac{d_3^2}{4}} \quad [MPa] \quad (5.17)$$

$$\sigma_t = \frac{107\,803}{\pi \cdot \frac{25,706^2}{4}}$$

$$\sigma_t = 207,72 \text{ MPa}$$

**Výpočet třecího úhlu na závitech**

povrch matice	povrch šroubu	součinitel smykového tření na závitu $f_z$	
		nemazaném	mazaném olejem
neupravený	neupravený	0,19 - 0,36	0,16 - 0,24
	fosfátovaný	0,28 - 0,40	0,17 - 0,30
	černěný	0,27 - 0,36	0,25 - 0,28
	zinkovaný	0,13 - 0,22	0,13 - 0,18
	kadmiovaný	0,10 - 0,18	0,10 - 0,17
zinkovaný	zinkovaný	0,21 - 0,43	0,11 - 0,17
kadmiovaný	kadmiovaný	0,15 - 0,38	0,10 - 0,17

Obrázek 5.5: Hodnoty smykového tření na závitech [17- str. 12]

$f_z$  ... součinitel tření na závitech, volím  $f_z = 0,12$  [-] (dle obrázku 5.5)

$\varphi''$  ... třecí úhel na závitech [°]

$\alpha_z$  ... vrcholový úhel závitu, pro metrický závit  $\alpha_z = 60^\circ$  [15 - str. 357]

$$\varphi' = \arctan \left( \frac{f_z}{\cos \left( \frac{\alpha_z}{2} \right)} \right) \quad [^\circ] \quad (5.18)$$

$$\varphi' = \arctan \left( \frac{0,12}{\cos \left( \frac{60}{2} \right)} \right)$$

$$\varphi' = 7,89^\circ$$

**Výpočet úhlu stoupání**

$$\psi = \arctan \left( \frac{P}{\pi \cdot d_2} \right) \quad [^\circ] \quad (5.19)$$

$$\psi = \arctan \left( \frac{3,5}{\pi \cdot 27,727} \right)$$

$$\psi = 2,3^\circ$$

### Výpočet napětí v krutu od utahovacího momentu

$$\tau_k = \frac{F_0 \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} \quad [\text{MPa}] \quad (5.20)$$

$$\tau_k = \frac{90\,240 \cdot \operatorname{tg}(2,3 + 7,89) \cdot \frac{27,727}{2}}{\frac{\pi \cdot 25,706^3}{16}}$$

$$\tau_k = 67,42 \text{ MPa}$$

### Výpočet statické bezpečnosti

$$k_s = \frac{R_e}{\sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau^2}} \quad [-] \quad (5.21)$$

$$k_s = \frac{400}{\sqrt{207,72^2 + 4 \cdot 67,42^2}}$$

$$k_s = 1,62 > 1,5$$

LÍCOVANÝ ŠROUB M30 x 85 ČSN EN 02 1111 - 5.8 [15 - str. 359]

**VYHOVUJE**

### Kontrola závitů matice na otláčení

$$m = n_z \cdot P \quad [\text{mm}] \quad (5.22)$$

Vyjádřeno z (5.22)

$$n_z = \frac{m}{P}$$

$$n_z = \frac{28,6}{3,5}$$

$$n_z = 8,17 \cong 8$$

$n_z$  ... počet nosných závitů matice [-]



$$p = \frac{F_s}{\pi \cdot d_2 \cdot \frac{d - D_1}{2} \cdot n_z} \leq p_D \quad [MPa] \quad (5.23)$$

$$p = \frac{107\,803}{\pi \cdot 27,727 \cdot \frac{30 - 26,211}{2} \cdot 8} \leq 100$$

$$p = 81,67 < 100 \text{ MPa}$$

MATICE M30 x 3,5 ČSN EN ISO 4032 - 05 [15 - str. 425]

**VYHOVUJE**

### Výpočet utahovacího momentu

$f$  ... součinitel smykového tření ocel na ocel  $f = 0,15$  [20]

$$M_U = F_0 \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} + F_0 \cdot f \cdot \frac{S_k + D_d}{2} \quad [N \cdot mm] \quad (5.24)$$

$$M_U = 90\,240 \cdot \operatorname{tg}(2,3 + 7,89) \cdot \frac{27,727}{2} + 90\,240 \cdot 0,15 \cdot \frac{46 + 32}{2}$$

$$M_U \cong 760 \text{ N} \cdot \text{m}$$

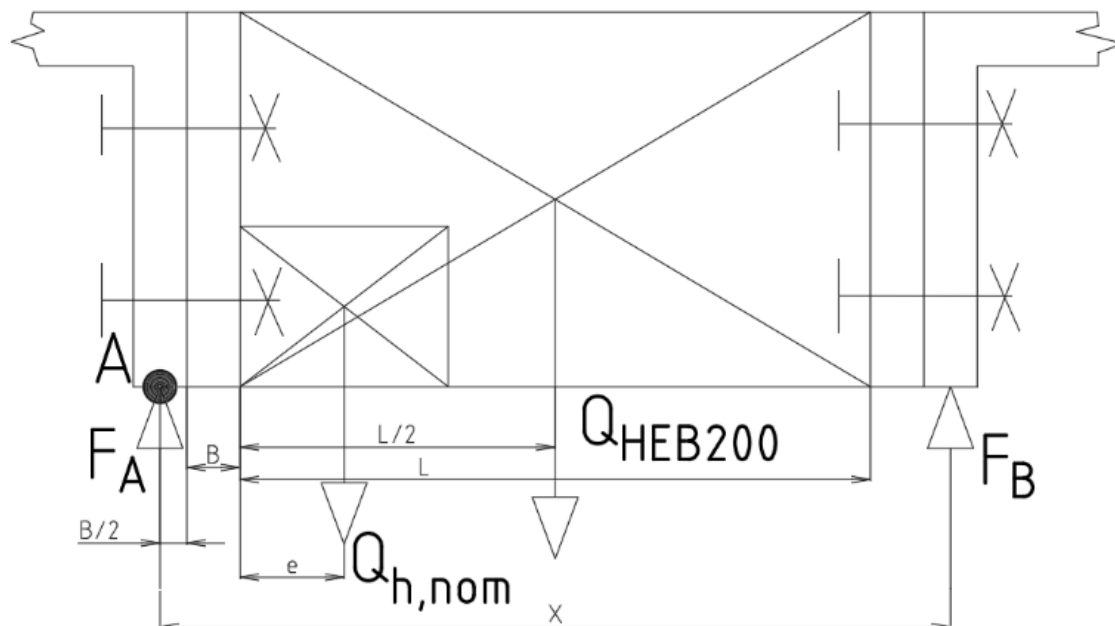
### Šroubové spojení se skládá z:

LÍCOVANÝ ŠROUB M30 x 85 ČSN EN 02 1111 - 5.8, 8 kusů

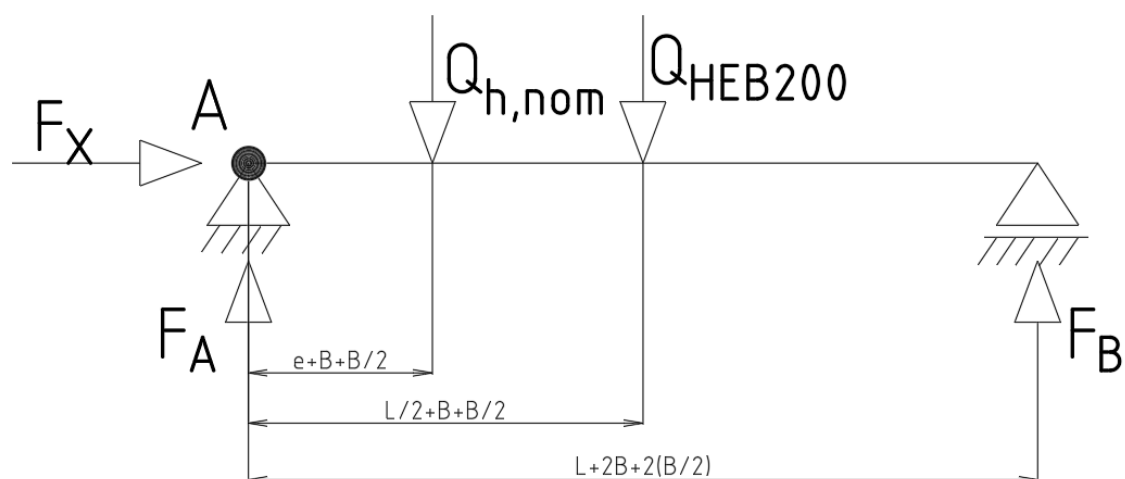
MATICE M30 x 3,5 ČSN EN ISO 4032 - 05, 8 kusů

PRUŽNÁ PODLOŽKA 30 ČSN 02 1741, 8 kusů

## 5.2 Kontrola lícovaného šroubu na stříh a otláčení hladké části



Obrázek 5.6: Výpočtové schéma šroubů pro výpočet střížné síly



Obrázek 5.7: Zjednodušené výpočtové schéma šroubů pro výpočet střížné síly

**Rovnice rovnováhy:**

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = F_x = 0 \gg F_x = 0 \text{ N} \quad (5.25)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = F_A + F_B - Q_{hnom*} - Q_{HEB200} = 0 \quad (5.26)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = -\left(e + \frac{3}{2}B\right) \cdot Q_{hnom*} - \left(\frac{L}{2} + \frac{3}{2}B\right) \cdot Q_{HEB200} + \left(L + 2 \cdot B + \frac{2B}{2}\right) \cdot F_B = 0 \quad (5.27)$$

**F<sub>B</sub> vyjádřena z (5.17)**

$e = 172 \text{ mm}$  ... vodorovný dojezd háku

$$-\left(e + \frac{3}{2}B\right) \cdot Q_{hnom*} - \left(\frac{L}{2} + \frac{3}{2}B\right) \cdot Q_{HEB200} + \left(L + 2B + \frac{2B}{2}\right) \cdot F_B = 0$$

$$\frac{\left(e + \frac{3}{2}B\right) \cdot Q_{hnom*} + \left(\frac{L}{2} + \frac{3}{2}B\right) \cdot Q_{HEB200}}{\left(L + 2B + \frac{2B}{2}\right)} = F_B$$

$$\frac{\left(172 + \frac{3}{2} \cdot 20\right) \cdot 9810 + \left(\frac{8000}{2} + \frac{3}{2} \cdot 20\right) \cdot 4810}{\left(8000 + 2 \cdot 20 + \frac{2 \cdot 20}{2}\right)} = F_B$$

$$F_B = 2651N$$

**F<sub>B</sub> dosazena do (5.16), vyjádřena F<sub>A</sub>**

$$F_A + F_B - Q_{hnom*} - Q_{HEB200} = 0$$

$$F_A = Q_{hnom*} + Q_{HEB200} - F_B$$

$$F_A = 9810 + 4810 - 2651$$

$$F_A = 11\,696N$$

**Kontrola dřívku šroubu na stříh**

$$\tau_s = \frac{F_A}{\frac{\pi \cdot D_d^2}{4}} \leq \tau_{sD} \tag{5.28}$$

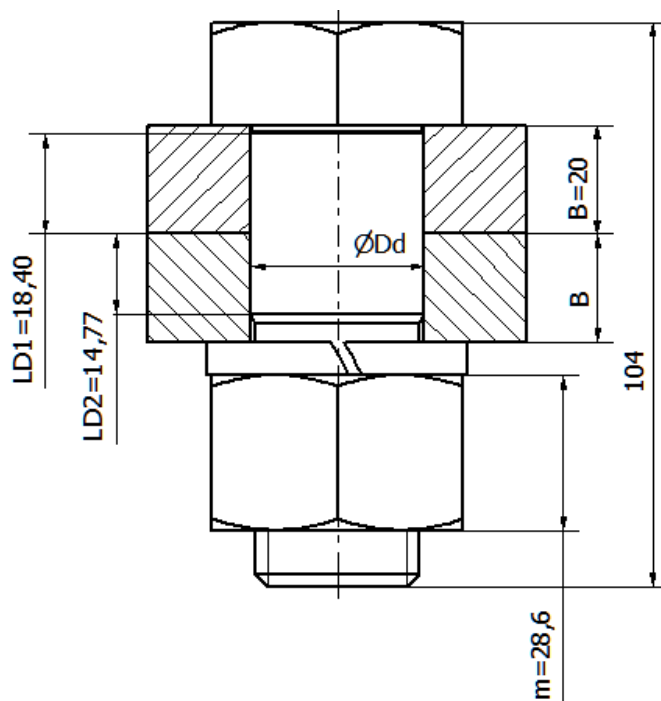
$$\tau_s = \frac{11\,696}{\frac{\pi \cdot 32^2}{4}} \leq 50$$

$$\tau_s = 15 \text{ MPa} \leq 50 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

$\tau_{sD}$  ... dovolené napětí ve stříhu pro ocel, volím  $\tau_{sD} = 50 \text{ MPa}$  [16 - str. 21]

### Kontrola otvorů přírub na otláčení



Obrázek 5.8: Schéma počítaného šroubového spoje

$$p_o = \frac{F_A}{D_d \cdot L_D} \leq p_{D_o} \text{ [MPa]} \quad (5.29)$$

Dle obrázku 5.8 je patrné, že nejvyšší tlak vznikne ve styku otvoru s nejkratší délkou dříku šroubu, proto:

$$p_o = \frac{F_A}{D_d \cdot L_{D2}} \leq p_D$$

$$p_o = \frac{11\,696}{32 \cdot 14,77} \leq 100$$

$$p_o = 24,75 < 100 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vhodné konstrukční řešení jeřábu pro autodílnu. Vstupními parametry byly rozměry haly určené pro samotnou realizaci jeřábu a jeho nosné konstrukce. Nosnost jeřábu byla v průběhu návrhu zvýšena ze 750 kg na 1000 kg z důvodu volby již vyráběných kladkostrojů dle katalogu výrobců.

Mostový jeřáb byl navržen s ohledem na maximalizaci možného zdvihu kladkostroje. Konstrukčnímu řešení nejlépe vyhovoval mostový jeřáb shora montovaný dle normy EN 1990. Pro spojení jeřábového mostu s pojezdy jeřábu byly použity šrouby. Toto řešení bylo použito k maximalizaci zdvihu jeřábu.

V první části práce byly navoleny konstrukční části potřebné pro samotnou funkčnost jeřábu a jeho následný návrh. Byly provedeny výpočty nezbytné k volbě těchto konstrukčních částí, posléze byly vybrány jednotlivé části dle katalogů výrobců a tipů, které informovaly o vhodnosti použití vybraných konstrukčních částí. Byly vybrány následující části: pojezdová kola, motor s převodovkou, kabelová vlečka včetně doprovodných konstrukčních prvků, trolejové vedení, konstrukce jeřábové dráhy, kolejnice, nárazníky a kladkostroj.

První výpočtová část se týkala kontroly osmi šroubových spojení. Šroubový spoj se skládá z: 8 x M30 x 85 ČSN EN 02 1111 - 5.8, 8 x MATICE M30 x 3,5 ČSN EN ISO 4032 - 05 a 8 x PRUŽNÁ PODLOŽKA 30 ČSN 02 1741. Závitová část šroubu byla kontrolována na tah od tahových složek tíhy jeřábového mostu a jmenovité tíhy zavěšeného břemene na háku kladkostroje. Pro určení celkové statické bezpečnosti bylo vypočteno ještě napětí v krutu po utažení matice utahovacím momentem.

V druhé výpočtové části se kontroloval lícovaných šroub na stříh, kde pomocí rovnic statické rovnováhy byla vyjádřena střížná síla. Dále následovala kontrola otvorů příruby na otláčení. V každé výpočtové části byla poloha kladkostroje zvolena, tak, aby vyvodila nejvyšší možné zatížení na kontrolovaná šroubová spojení.

Při vypracovávání jsem využil mnoho získaných informací z výuky, které vedly k dokončení této práce. Činnost mě velice bavila, jelikož jsem využíval teorii při řešení reálného konstrukčního návrhu a doufám, že můj konstrukční návrh poslouží k samotné realizaci nebo jako pomoc při hledání dalšího konstrukčního řešení.

## Použitá literatura

- [1] Profil HEB válcovaný za tepla, DIN 1025-2, HEB 200. Feron, a.s. [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=25474> Výkony, limity ČTU a GL č. 12/R/2000. *KHnet.info* [online]. [cit. 2011-01-05]. Dostupné z: <http://forum.khnet.info/viewtopic.php?f=10&t=964#p7299>
- [2] CLF-N elektrický pojezd. Vazaky [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.vazaky.com/elektricke-kladkostroje-podem/serie-clf-nosnost-125-2000-kg/clf-n-elektricky-pojezd/>
- [3] Kolejnice surová 021. Niko-kovani.cz [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <https://www.niko-kovani.cz/p/kolejnice-surova-020>
- [4] Konzola jednoduchá B05 BU. Niko-kovani.cz [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <https://www.niko-kovani.cz/p/konzola-jednoducha-b05-bu>
- [5] Svorka nastavitelná B04. Niko-kovani.cz [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <https://www.niko-kovani.cz/p/svorka-nastavitelna-b04>
- [6] Kladka pro kulatý kabel nebo hadici L15. Niko-kovani.cz [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <https://www.niko-kovani.cz/p/kladka-pro-kulaty-kabel-nebo-hadici-l15>
- [7] TROLEJOVÁ VEDENÍ FELS. Oskom/Průchodky a stínění, Dálková ovládání, Trolejová napájení [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.oskom.cz/fels>
- [8] Frekvenční měniče. Demag-Česká republika [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.demagcranes.cz/cms/site/cz/lang/cs/page72889.html>
- [9] Kolejnice. ORTEC ČR, s.r.o Systémy pro uložení kolejnic [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.ortec.cz/cs/kolejnice>
- [10] Katalog MXxx20. ORTEC ČR, s.r.o Systémy pro uložení kolejnic [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.ortec.cz/images/produkty-a-sluzby/jerabove-drahy/ortec-mx/Katalogov%C3%BD%20list%20MXxx20cz.pdf>
- [11] KAT0170-0002-D Gummi- und Cell-Puffer. Conductix [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: [http://www.conductix.de/sites/default/files/downloads/KAT0170-0002-D\\_Gummi-\\_und\\_Cell-Puffer\\_Programme\\_0170\\_0180.pdf](http://www.conductix.de/sites/default/files/downloads/KAT0170-0002-D_Gummi-_und_Cell-Puffer_Programme_0170_0180.pdf)
- [12] Systém kolových bloků DRS. Demag-Česká republika [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <http://www.demagcranes.cz/cms/site/cz/lang/cs/page72837.html>
- [13] DRS kolový blok. In: MHE-DEMAG [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: [https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSMpS6yxA3wjif6Izs-o63oej978uehX\\_p1A\\_34g0Z0w1Cn2J9Y](https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSMpS6yxA3wjif6Izs-o63oej978uehX_p1A_34g0Z0w1Cn2J9Y)
- [14] Plný pohod i při nedostatku místa. Demag-Česká republika [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www.demagcranes.cz/cms/site/cz/lang/cs/page72791.html>
- [15] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7

- [16] KALÁB, Květoslav. Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8
- [17] NÁVRH A VÝPOČET DYNAMICKY NAMÁHANÉHO ŠROUBU PŘÍRUBOVÉHO SPOJE: Vysokoškolská příručka. Fakulta strojní - VŠB-TUO [online]. OSTRAVA, 2013 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/347/.content/files/predmety/kal01/prirucka-dynamickysroub.pdf>
- [18] Mechanické vlastnosti pevných látek. Portál pro strojní konstruktéry [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/mechanicke-vlastnosti-pevnych-latek>
- [19] PILGR, Milan. Kovové konstrukce: výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-3 a ČSN EN 1993-6. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012. ISBN 978-80-7204-807-6
- [20] Součinitel smykového tření. ConVERTER - převody jednotek [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/smykove-treni.htm>
- [21] REMTA, František. Jeřáby. I. díl. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1974
- [22] PAVLISKA, Jiří a Leopold HRABOVSKÝ. Dopravní a manipulační zařízení IV. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2004. ISBN 80-248-0537-5
- [23] Stavba a provoz strojů 3. SPŠKS Hořice [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.spsks.cz/wp-content/uploads/2013/09/SPS-3.pdf>
- [24] Elektrický kladkostroj. In: Kladkostroje [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: [http://kladkostroj.nabizi.cz/s-normalni-stavebni-vyskou-lanovy-elektricky-kladkostroj-1000-kg-podem\\_p42505](http://kladkostroj.nabizi.cz/s-normalni-stavebni-vyskou-lanovy-elektricky-kladkostroj-1000-kg-podem_p42505)
- [25] ČSN ISO 4301-5
- [26] DIN 1025-2
- [27] EN 1190

**Použitý software:**

Autodesk AutoCAD Mechanical 2017

Autodesk Inventor Professional 2016

Microsoft Office Word 2013

Microsoft Office Excel 2013

Gimp 2.8

## Seznam ilustrací

Číslo ilustrace	Název ilustrace	Číslo stránky
2.1	Jeřábová kočka s navijákem	14
2.2	Schéma lanového jeřábu	17
2.3	Výpočet tažné síly v laně	17
2.4	Schéma výložníkového jeřábu	18
2.5	Schéma typů podvozků výložníkových jeřábů	19
2.6	Schéma konzolového jeřábu	19
2.7	Schéma sloupového jeřábu kotveného lany	20
2.8	Schéma sloupového jeřábu derik	21
2.9	Schéma věžového jeřábu s otočnou věží	21
2.10	Schéma věžového jeřábu s pevnou věží	22
2.11	Schéma poloportálového jeřábu	22
2.12	Schéma portálového jeřábu s oboustranným postranním rozšířením	23
2.13	Schéma mostového jeřábu	24
3.1	Model navržené části konstrukce jeřábu	25
3.2	Navržený mostový jeřáb - 3D pohled	26
3.3	Navržený mostový jeřáb - pohled z boku	26
3.4	Zjednodušený model nosné konstrukce jeřábu	27
3.5	Kladkostroj Podem firmy GANAS	28
3.6	Sestava kabelové vlečky	29
3.7	Kladka pro kulatý kabel	29
3.8	Konstrukční řešení trolejí Mobilis ELITE	30
3.9	Schématický nákres upevnění kolejnice	31
3.10	Schéma nosného sloupu	32
3.11	Nárazník typu 017120 firmy Conductix	33
3.12	Kolový blok DRS firmy Demag Cranes	34
4.1	Gearmotor s plochou převodovkou s drážkovanou hřídelí	37
5.1	Výpočtové schéma šroubů pro tah a krut	38
5.2	Schéma šroubového spoje pro výpočet tuhosti šroubu	41



<b>5.3</b>	Schéma pro výpočet tuhosti přírub	43
<b>5.4</b>	Diagram předepjatého spoje	44
<b>5.5</b>	Hodnoty smykového tření na závitech	46
<b>5.6</b>	Výpočtové schéma šroubů pro výpočet střížné síly	49
<b>5.7</b>	Zjednodušené výpočtové schéma šroubů pro výpočet střížné síly	49
<b>5.8</b>	Schéma počítaného šroubového spoje	51

---

## Seznam příloh

Výkresy:

KLI0156 - S001 - DRŽÁK KABELOVÉ VLEČKY

KLI0156 - S004 - PROFIL MOSTU

KLI0156 - S006 - JEŘÁB SORBUS 1t

KLI0156 - SV001 - KONSTRUKCE DRŽÁKU VLEČKY

KLI0156 - SV002 - POJEZD - A

KLI0156 - D002 - PŘÍLOŽKA - A

KLI0156 - D003 - PLO POJEZDU VNĚJŠÍ

KLI0156 - D004 - PLO POJEZDU VNITŘNÍ - A

KLI0156 - D005 - ŽEBRO POJEZDU

Datový disk: CD - ROM

---

### **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Tomáši Haplovi za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

